

EVA ISAKSSON



*Nainen ja
maailmankaikkeus* URSA

*Nainen ja
maailman
kaikkeus*

EVA ISAKSSON

*Nainen ja
maailmankaikkeus*





Teoksen tekstit ja kirjoittajan tekemät viivapiirrokset on lisensoitu avoimella CC BY 4.0 -lisenssillä. Muiden piirrosten ja valokuvien lähteet on ilmoitettu kuvateksteissä, ja niitä koskevat normaalit tekijänoikeussäännökset. Tämän teoksen on julkaissut Helsingin yliopiston kirjasto Tähtitieteellisen yhdistyksen Ursan luvalla.

ISBN 978-951-51-5001-1 (pdf, 2020)

DOI: 10.31885/9789515150011

Kirjoittaja on saanut tätä työtä varten apurahan Tiedonjulkistamisen neuvottelukunnalta.

Kuvien lähteet on mainittu kuvateksteissä. Muut kuvat ja piirrokset © Ursan kuva-arkisto, Laivanvarustajankatu 3, 00140 Helsinki, puh. 90-174 048.

Kirjan taitto Arja Kyröläinen

ISSN 0357-7937

Painettu Painokaan Oy:n kirjapainossa Helsingissä 1987

Sisällys

Esipuhe	7
Nunnia ja noitia	9
Antiikin luonnontieteilijänaisia	9
Parantajia vai puoskareita	15
Bingenin Pyhän Hildegardin kosmiset näyt	19
Mitä noidat todella tiesivät?	29
Nainen lukee yölampun valossa	35
Margaret Ensimmäinen ja hänen ihmeellinen valtakuntansa	35
Emilie du Châtelet, Newtonin kääntäjä ja Voltairen ystävätär	38
Italian naisprofessoreita ja ”Agnesin noita”	42
Sophie Germain ja miksi hänen nimeään ei kaiverrettu Eiffel-torniin	46
Mary Somervillen kotimatematiikka	51
Ada Lovelace ja Babbagen laskulaitteet	57
Sofia Kovalevskaja, nainen ja matemaatikko	62
Emmy Noether, ”ystävällinen pyykkimuija”	71
Naisnäkökulma tähtitaivaalle	75
Tähtitieteelliset sisaret, vaimot ja tyttäret	75
Caroline Herschelin kahdeksan komeettaa	80
Vassarin observatorion neidit ja Helsingin observatorion herrat	87
Harvardin observatorion tähdet: Fleming, Maury, Cannon ja Leavitt	93
Cecilia Payne-Gaposchkin ja maailmankaikkeuden rakennusaineet	103
Maailman taloudenhoitajat	113
Kodinhoitajista kotitaloustieteen tohtoreiksi	113
Suomalaisista naiskemisteistä ”planeettatyttöihin”	119
Löytöretkeilijänä Amazonin aarniometsissä	126

Atomiytimistä galakseihin	135
Naisia matkalla aineen ytimeen	135
Barbara McClintockin hyppivät geenit	148
Kun Jocelyn Bell kuunteli pieniä vihreitä miehiä	155
Hypatian tyttäret tänään	163
Rakkaudesta tieteeseen	163
LUNA: valaistusta suomalaisen luonnontieteilijänaisen tilanteeseen	169
Montako enkeliä mahtuu nuppineulan päähän?	174
Kirjallisuutta.....	182
Hakemisto	186

Esipuhe

”Viisivuotiaana Cecilia näki meteorin, ja sen ansiosta hän päätti ryhtyä tähtitieteilijäksi. Hän huomautti, että hänen on aloitettava pian siltä varalta ettei mitään tutkittavaa olisi enää jäljellä hänen kasvettuaan aikuiseksi.”

Cecilia Paynen (myöh. Payne-Gaposchkin) opiskelutoverin kirjoituksessa esitetty pelko osoittautui turhaksi. Cecilia Payne löysi 1924 tähtien spektri-viivoista valtavia vety- ja heliummääriä. Hänen tuloksiinsa suhtauduttiin parin vuoden ajan varauksellisesti, kunnes tähtitieteilijät vihdoinkin suostuivat uskomaan tähtien rakentuvan näistä Maan päällä vähäisemmistä aineista.

Cecilia Payne on yksi niistä luonnontieteilijänaisista, joiden tarina kerrotaan tässä kirjassa. Hän kirjoitti naisen asemasta tieteessä seuraavasti: ”Jos uskonnollinen kiinnostukseni olisi kääntynyt katolisen kirkon suuntaan, olisin halunnut olla pappi. Olen varma etten koskaan olisi tyytynyt olemaan nunna. Jos tieni olisi johtanut lääketieteeseen, olisin tahtonut tulla lääkäriksi. Mikään mahti ei olisi pystynyt tekemään minusta sairaanhoitajataria. Katsoessani tieteen maailmaa kuvittelen useimpien sillä alalla nykyään työskentelevien naisten toimivan nunnien ja sairaanhoitajattarien osissa. Heidän ei sallita eikä heille katsota soveliaaksi olla suorassa kosketuksessa alkulähteeseen, kutsuttiin sitä sitten Jumalaksi tai maailmankaikkeudeksi.”

Tässä kirjassa tarkastellaan niin tieteen nunnia, sairaanhoitajattaria kuin sen lääkäreitä ja pappejakin. Naiset ovat osallistuneet luonnon tutkimiseen itsenäisesti, miesten rinnalla tai alaisina niin kauan kuin luontoa ja sen lainalaisuuksia on tarkkailtu.

Luonnontieteilijänaisten historiaan on kirjoitettu jo monta lukua. Vuonna 1913 ilmestynyt H. J. Mozansin *Woman and science* (Nainen ja tiede) oli voimakas puolustuspuhe naisen tieteellisen kyvykkyuden puolesta. Aikansa asenteille kuuliaisena kirjoittaja kuitenkin ihanoi naisia, jotka pystyvät seuraamaan 1700-luvulla eläneen Laura Bassin esimerkkiä. Tämä synnytti ja kasvatti fysiikan professuurinsa ohessa 12 lasta. Neuvostoliittolaisen Inna Koshelevan kirjassa *Naiset tieteessä* (1983) esitetään varsin samanlaisia asenteita. Sen lukujen otsikot kuvailevat ”ikuisesti naisellisen” esiintymistä tieteen eri aloilla: Lempeys, Uskollisuus, Uteliaisuus, Kauneus, Kotiylpeys, Hyvä taloudenpito, Perinteiden arvostaminen.

Tämän kirjan tiedot ovat peräisin vuosien varrella luonnontieteilijänaisista keräämästäni aineistosta. Osa löytämistäni lähteistä on ollut elämäkerrallisia ja yhteiskuntatieteellisiä, ilman kovin tarkkoja tietoja käsiteltyjen naisten

tieteellisestä tutkimustyöstä. Näitä puutteita olen pyrkinyt korjaamaan omilla tutkimuksillani alkuperäisaineiston parissa. Olen halunnut antaa niin oikean kuvan naistutkijoiden työstä kuin tällaisessa teoksessa on tarpeen ja mahdollista. Toivoakseni nämä yksittäisten tutkijoiden henkilökuvia täydentävät kuvaukset eivät muodostu lukijalle liian raskaiksi. Lisätiedoista kiinnostuneita varten kirjan lopusta löytyy kirjallisuusluettelo, jonka tiedot on ryhmitelty luvuittain. Osa käytetystä tieteellisestä alkuperäisaineistosta on työpaikkani, Helsingin yliopiston tähtitieteellisen observatorion, kokoelmassa. Siellä säilytettävästä professori Anders Donnerin kirjeenvaihdosta on peräisin muutama kiintoisa ennen julkaisematon katkelma.

LUNA-tutkimus, josta kerrotaan viimeisessä luvussa, tehtiin 1982 Helsingin yliopiston ylioppilaskunnan minulle ja Anja Jämsenille myöntämän pienen apurahan turvin. Sen alustavat tulokset julkistetaan tässä kirjassa nyt ensimmäistä kertaa. Esitän parhaat kiitokseni kyselyyn vastanneille naisille opiskelijoista professoreihin. Toivon esittäneeni vastaajien avomielisetkin mielipiteet niiden oikeissa yhteyksissä. Samoin kiitän kaikkia jotka olivat mukana kyselylomakkeen laatimisessa, tulosten käsittelyssä ja arvioinnissa.

Anneli Aittaa haluan kiittää hänen fysiikan naisnäkökulmia koskevista pohdiskeluistaan. Riitta Valkeila on ollut mukana käsikirjoituksen laatimisessa monella tavoin. Hän on myös lukenut valmiin käsikirjoituksen ja vaikuttanut korvaamattomalla tavalla sen valmistumiseen. Tiedonjulkistamisen neuvottelukunta on tukenut kirjoitustyötä myöntämälläan kohdeapurahalla.

Helsingissä maaliskuussa 1986

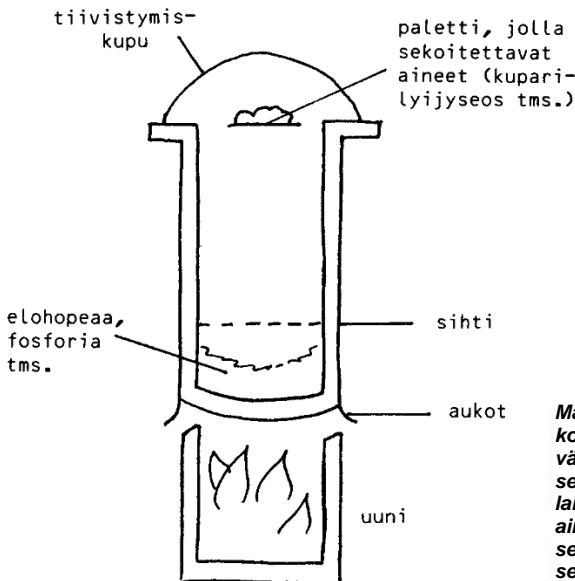
Eva Isaksson

Nunnia ja noitia

Antiikin luonnontieteilijänaisia

Ensimmäiset historiankirjoituksen muistiin kirjaamat luonnontieteilijänaiset elivät antiikin Kreikassa. Varmaan esihistoriallisen ajan naisten osuus kulttuurin luomiseen on ollut laajempaa kuin myöhemmin. Naisilla oli käytännöllisiä taitoja, jotka edellyttivät jonkinlaista systemaattista luonnonlakien tuntemusta ja hyväksikäyttöä.

Näihin taitoihin kuului varhainen, kokeellisille kemiallisille menetelmille perusteita luonut alkemia. Näitä kemian menetelmiä käytti hyväkseen Egyptissä käsityöteollisuus, joka perustui naisten jo muinaisen Babylonian ajoilta periytyneisiin taitoihin. Ensimmäisellä vuosisadalla jKr. elänyt *Maria Juutalainen* mainitaan alkemian menetelmien, mm. tislauksen kehittäjänä. Hänen kirjoituksiaan tunnetaan enää vain lainauksina muiden teoksissa, mm. Euroopassa keskiajan lopulla levinneissä arabiankielisissä kirjoituksissa. Ruokaa tasalämmössä pitävän vesihauteen ranskankielinen nimitys on *bain marie*, Marian kylpy.



Maria Juutalaisen sekoituslaite (kerotakis) väriaineiden valmistukseen. Kuumennettaessa laitteen alaosassa oleva aine höyrystyy ja sekoittuu paletin aineeseen.

Vaikka jo Aristoteles oli 300-luvulla eKr. puhunut yleisin sanankääntein veden ja ”ilman” toisikseen muuttamisesta, ei selkeitä historiallisia kuvauksia tislauslaitteista tunneta ennen 9. vuosisataa. Tuonaikaisissa käsikirjoituksissa kuvaillaan Maria Juutalaisen tisluslaitteita. Tribikos-nimisessä laitteessa tislattava aine kuumennetaan tulella, niin että se höyrystyy ja tiivistyy laitetta kattavaan kupuun ja valuu pois kuvun alaosaan olevia putkia pitkin. Kerotakis-nimisellä laitteella voitiin sekoittaa maalareiden käyttämiä väriyhdisteitä. Kuumennettaessa laitteen alaosaan oleva aine höyrystyy ja tiivistyy kupuun, josta se valuu takaisin alas.

Marian aikojen jälkeen alkemia taantui. Laboratoriolaitteet pysyivätkin sitten melko muuttumattomina aina 1600-luvulle asti.

Tieteen harjoittaminen keskittyi monin paikoin miehistä koostuneen papiston käsiin. Tämä on varmaan yksi syy naisten syrjäyttämiseen muinaisuudessa tieteenekijöiden joukosta. Monissa yhteiskunnissa papiston asema perustui sen hallussa pitämiin mystisiin tietoihin, kuten Niilin tulvien ennustamiseen Egyptissä Sirkuksen nousun perusteella. Kreikkalaisessa historiankirjoituksessa esiintyvää *Aglaonike*-nimistä thessalialaisnaisista pidettiinkin noitana, kun hän ilmoitti voivansa saada Kuun ja Auringon katoamaan taivaalta. Hän ennusti pimennyksiä ns. Saros-syklin avulla. Se on jo kaldealaisten tuntema noin 18 vuoden pituinen jakso, jonka kuluessa kuun- ja auringonpimennykset toistuvat lähes samassa järjestyksessä kuin edellisenkin jakson aikana.

Kreikkalaisen naisen asema oli erilainen eri aikoina ja eri valtioissa. Spartassa, missä tieteenharjoituksella ei ollut erityisasemaa, naisilla oli näkyvä asema yhteisössä. Ateenassa, missä naiset oli suljettu erityisiin naisten taloihin, joissa heidän tuli ”nähdä, kuulla ja kysyä mahdollisimman vähän”, tieteenharjoitus oli puolestaan ennennäkemättömän vilkasta. Tämä ei suinkaan tarkoita sitä, että naisten näkymättömyys olisi ehtona tieteen kukoistukselle. Ateenassa oli olemassa yläluokka, jolla oli riittävästi joutilasta aikaa tieteellisiin puuhiin. Kun tieteestä tuli yhteiskunnallisesti arvostettua toimintaa, kävi kuin luonnostaan, että siitä tuli vapaiden miesten aluetta.

Viidennellä vuosisadalla eKr. vaikuttanut pythagoralainen koulukunta oli tässä suhteessa poikkeuksellinen. Sen toiminta perustui yhteisöajattelulle, jonka mukaan koulun toimintaan osallistuttiin perheittäin. Keskeisellä paikalla pythagoralaisessa maailmankuvassa oli lukujen harmonia. Se ilmeni musiikkina, tanssina ja lauluna jokapäiväisessä elämässä. Naiset lauloivat ja tanssivat miesten mukana; siksi oli luonnollista että myös heidän tuli tuntea harmonian perustana oleva teoria. Filosofi Pythagoraan vaimo ja entinen oppilas *Theano* oli koulussa opettajana. Hän jatkoi miehensä työtä kahden tyttärensä kanssa tämän kuoltua. Eräässä lähteessä luetaan kaikkiaan 28 pythagoralaisen koulukunnan piiriin kuulunutta naista.

Pythagoralaiset opit vaikuttivat mm. Platoniin, joka antaa kirjoituksissaan naisille varsin tasaveroisen aseman ihanneyhteiskunnassaan, jossa naiset saavat osansa yleisestä kasvatuksesta. Platoniin lienee vaikuttanut myös miletolainen

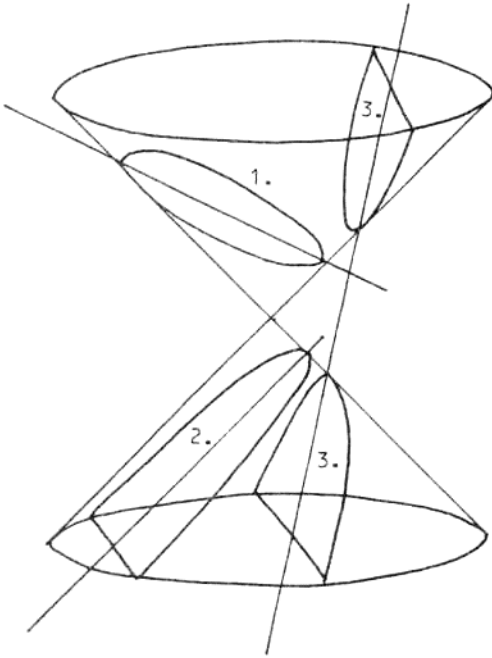
Aspasia, monipuolisesti lahjakas nainen. Tämä vaikutti Ateenassa hetairana eli seuralaisena, joka silloisissa yhteiskunnassa oli lähes ainoa naiselle liikkumavapautta antava asema. Sokrates mainitsee Aspasian opettajanaan. Tiedetään Aspasian kirjoittaneen monia valtiomies Perikleen puheista. Aikana jolloin ”vapaat” ateenalaisnaiset elivät kotonaan eristyksissä, Aspasian kaltaiset naiset olivat poikkeuksia.

Yksi tapa päästä käsiksi sivistykseen oli syntyä tiedemiehen tyttärekseksi. Antiikin tunnetuin tiedenainen *Hypatia* (n. 370—415) oli kuulun aleksandrialaisen matemaatikon Theonin tytär. Theon ei pyrkinyt tyttärensä kasvatuksessa sen vähempään kuin täydellisen ihmisen luomiseen. Hypatian koulutukseen sisältyi useita eri tieteitä, puhetaitoa ja liikuntaa.

Aleksanteri Suuren vuonna 306 eKr. Pohjois-Egyptiin perustamasta Aleksandriasta oli kehittynyt hellenistisen kulttuurin keskus. Suurkaupunkiin, jonka väkiluku parhaimmillaan läheni miljoonaa, oli kerääntynyt egyptiläistä, kreikkalaista ja juutalaista väestöä. Aleksandrian museona tunnettu Theonin johtama yliopisto oli suunniteltu filosofi Aristoteleen kasvatuksellisten oppien mukaan. Museossa oli parhaimmillaan satakunta opettajaa, valtava kirjasto, jonka roomalaiset myöhemmin polttivat poroksi, tähtitieteellinen observatorio, eläintarha, kasvitieteellinen puutarha jne. Egyptin alistuttua roomalaisvaltaan 30 eKr. Aleksandria ohitti Ateenan keisarikunnan tieteellisenä keskuksena. Täällä vaikutti mm. merkittävä matemaatikko ja tähtitieteilijä Klaudios Ptolemaios. Hän systematisoi tähtitieteellisessä teoksessaan *Almagest* kreikkalaisen matemaattisen ja tähtitieteellisen tiedon. Ptolemaioksen jälkeen vaikuttaneet tutkijat tyytyivät enimmäkseen kirjoittamaan selityksiä ja kommentaareja *Almagestiin*. Näin teki myös Theon, joka toimitti monimutkaisen kommentaarin *Almagestiin*. Hypatia tarkisti sen *Almagestin* 3.—13. luvun osalta. Hypatia on myös mahdollisesti laatinut uuden, babylonialaista järjestelmää mukailevan seksagesimaalisen (60-lukujärjestelmälle perustuvan) jaotuksen isänsä täydentämän Ptolemaioksen jaotuksen tilalle. Theon ja Hypatia työskentelivät yhdessä, joten on vaikea tarkoin sanoa, kumpi heistä teki minkäkin osuuden jostain työstä.

Hypatian sanotaan opiskelleen Ateenassa uusplatonisti Plutarkhos nuoremman ja tämän tyttären *Askplegeneian* johdolla. Palattuaan Aleksandriaan hän ryhtyi opettamaan matematiikkaa ja filosofiaa. Hänen ominta alaansa oli algebra. Hän opetti myös geometriaa ja tähtitiedettä. Isänsä kanssa hän lienee muokannut Euklideen tunnettua geometrian perusoppikirjaa *Alkeet*.

Hypatian laatimat kirjoitukset ovat hävinneet kauan sitten. Yhdeksännen vuosisadan lopulla elänyt Suidas luettelee lukuisia näistä hävinneistä töistä, jotka tuhoutuivat Aleksandrian kirjaston suuressa palossa. 1400-luvulla



Apollonios oli laatinut kahden kartion leikkaukseen perustuvan esityksen kalliioleikkauksista, josta Hypatia laati yksinkertaistetun esityksen. Kuvassa saadaan ympyrä (1), paraabeli (2) tai hyperbeli (3) riippuen leikkaavan tason kaltevuuskulmasta kartioon nähden. Hypatian jälkeen kartioleikkausten teoria unohdettiin 1600-luvulle saakka.

Vatikaanin kirjastosta löytyi osia Hypatian tutkielmasta *Diofantoksen tähtitieteellisestä kaanonista*. Diofantoksen algebra käsittelee ensimmäisen ja toisen kerraluvun yhtälöitä. Hän lienee ollut ensimmäinen matemaatikko, joka on käyttänyt eräänlaista algebrallisia merkintöjä. Hypatian teksti sisältää vaihtoehtoisia yhtälöiden ratkaisuja sekä uusia tehtäviä, joita jotkut pitävät Diofantoksen, jotkut Hypatian laatimina. Hypatian teoksiin kuuluu myös *Apolloniuksen kartioleikkauksista*, joka oli 200-luvulla eKr. eläneen Apollonius-nimisen kreikkalaisen matemaatikon työn kansanomaistettu esitys. Apollonius oli ensimmäisenä todennut, että erilaiset käyrät — ympyrä, paraabeli ja hyperbeli — saadaan leikkaamalla kaksoiskartio eri kaltevilla tasoilla. Hypatian kirjoituksen jälkeen kalliioleikkaukset jäivät unohduksiin 1600-luvulle saakka.

Hypatian kirjeenvaihto hänen oppilaansa Synesiuksen kanssa sisältää tietoja hänen käytännöllisemmän mekaniikan alaan kuluva tutkimustyöstään. Synesiuksesta tuli kristinuskoon kääntynyään Ptolemaiksen piispa. Hänen kirjeenvaihdostaan on säilynyt 159 kirjettä, 7 Hypatialle. Kirjeissään hän pyytää Hypatialta tieteellisiä neuvoja. Eräässä niistä hän esimerkiksi tahtoo teettää itselleen baryllionin, joka on hydrometri eli vedenpinnan korkeuden mittari. Kirjeissä on myös viittauksia laitteisiin, joilla tislataan vettä ja mitataan sen tiheyttä. Jälkimmäiseen käyttöön tarkoitettu laite,

hydroskooppi, lieenee ollut huilun kokoinen ja näköinen, suljettu, toisesta päästään painavampi putki.

Synesius antaa kirjeissään Hypatialle ansion hyvin tärkeän tähtitieteellisen laitteen, astrolabin, parantamisesta. Ptolemaioksen mukaan kreikkalainen tähtitieteilijä Hipparkhos teki laskelmia astrolabin perustana olleen taivaanpallon laakealle pinnalle kuvaamisen avulla. Astrolabi kehittyi vähitellen yksinkertaisesta laskuvälineestä laitteeksi, jota voitiin käyttää monien pallotähtitieteen ongelmien selvittelyyn. Sillä voitiin mm. laskea eläinradan nouseva merkki, sitä voitiin käyttää ajan määrittämiseen sekä tähtien, planeettojen ja Auringon paikan laskemiseen.

Astrolabissa on pohjalaatta, jonka reunassa näkyy astejako. Sen päälle on kiinnitetty kaksi pyörítettävää metallilevyä. Alempaan levyyn on merkitty horisonttia, taivaanlakea, korkeutta ja atsimuuttia vastaavat viivat tietylle leveysasteelle. Ylempään levyyn on kiemuraisten viivojen avulla sommiteltu ”tähtikartta” niin että metallikiehkuroiden kärjet osoittavat kirkkaimpien tähtien aseman. Levyllä on tämän lisäksi vielä metallikehät, joista näkee eläinradan ja ekliptikan paikan. Ylemmän laatan pyörittäminen antaa kuvan taivaankannen vuorokautisesta liikkeestä. Astrolabi pysyi tärkeänä tähtitieteellisenä kojeena aina 1600-luvulle asti, jolloin se korvattiin tarkemmilla erikoiskojeilla.



Saksalainen astrolabi 1610-luvulta.

Hypatia eli aikana, jolloin hellenistinen kulttuuri oli jo hajoamistilassa. Laajalle leviämässä olevan kristinuskon piirissä tunnettiin syvää epäluuloa kreikkalaista tiedettä kohtaan. Vuonna 389, Hypatian ollessa 19-vuotias, Serapeumin kirjasto tuhouttiin Aleksandrian piispan Teofiluksen nostattamassa kapinassa. Hypatia ei ollut kristitty vaan pakana, valistunut uusplatonisti. Tämän filosofisen suuntauksen mystisistä piirteistä huolimatta hän uskoi ennen kaikkea tieteeseen. Uskonnollisten kiihkoilijoiden silmissä Hypatia yhtä kaikki oli ennen muuta kerettiläinen ja edusti ikivanhaa pakanallista tiedeperinnettä.

Vuonna 412 Aleksandrian arkkipiispaksi tuli Kyrillos. Tämä nostatti levottomuuksia, joita Egyptin käskynhaltija Orestes turhaan yritti tukahduttaa. Alettiin huhuta, että juuri Hypatia olisi ollut näiden kahden miehen ystävyysväylässä. Hypatia uhrattiin kahden kilpailevan poliittisen leirin väliselle taistelulle. Maaliskuussa 415 joukko Jerusalemin pyhän Kyrilloksen kirkon munkkeja hyökkäsi Hypatian kimppuun tämän ollessa matkalla pitämään luentoa. Hypatia vietiin kirkkoon, missä hänet kidutettiin julmalla tavalla kuoliaaksi ja vietiin sitten poltettavaksi. Käskynhaltijan yritykset selvittää tapahtunutta estettiin. Hänen annettiin ymmärtää, että Hypatia oli muka lähtenyt Ateenaan ja oleskeli siellä mitä parhaissa ruumiinvoimissa. Arkkipiispa Kyrillos julistettiin myöhemmin pyhimykseksi.

Tieteenhistorioitsija George Sarton on todennut, ettei Hypatia suinkaan ollut mikään vapaa-ajattelun esitaistelija. ”Sokratesta voitaneen kutsua sa-



Hypatia sellaisena kuin hänet esitetään Elbert Hubbardin kirjassa "Pikku matkoja suurten opettajien koteihin" (1905).

nanvapauden marttyyriksi; Hypatia oli lähinnä tieteen marttyyri, ensimmäinen tai ensimmäisiä jotka tunnemme.”

Myöhemmin Hypatian nimen ympärille on syntynyt melkoinen tarusto. Hänestä on kirjoitettu kirjoja, joissa hänet kuvaillaan inhimillisen viisauden ja kauneuden ruumiillistumaksi. Hänen rakkauselämästään esitetään mitä vilsimpiä tarinoita vailla mitään historiallista pohjaa. Välillä taas hyveellisen Hypatian suuhun pannaan maininta ”avioliitosta totuuden kanssa”. Charles Kingsleyn 1853 ilmestyneessä romaanissa kukkea Hypatia kuolee 25-vuotiaana, 20 vuotta ennen aikaansa, ehdittyään tuskin koskeakaan tieteelliseen työhönsä. Eräs toinen kirjoittaja puolestaan kuvaa Hypatian omanneen ”huilumaisen äänen ja mitä harvinaisimman siron varren” ja päätelee antiikin suuren tiedenaisen opettaneen oppilaitaan hypnoosin avulla. Hypatian maine on näistä kummajaisista huolimatta pysyvää laatua. Hän on yleensä ainoa nainen jonka nimi mainitaan useimmissa matematiikan historiikeissa.

Hypatia oli viimeisiä antiikin pakanallisen tieteen edustajia. Kristinuskon muodosti pian uuden, Välimeren maista laajenevan valtakulttuurin, jolle antiikin tieteen saavutukset olivat henkisesti vieraita. Korkeasti oppineet kristityt teologit saattoivat tyynin mielin tarkastella Raamatun luomiskertomusta sekä taivaan, kiirastulen ja helvetin tarkkaa sijaintia kosmoksessa, vähääkään välittämättä havaintotiedosta ja Ptolemaioksen mutkikkaan pallotähtitieteen kiistattomista saavutuksista. Vuonna 581 kirkko julisti, ettei naisella ollut sielua eikä järkeä. Vuonna 640 arabit valloittivat Aleksandrian, ja sen ennen kuulu museo tuhoutui lopullisesti.

Parantajia vai puoskareita

Ennen erityisen terveydenhoitojärjestelmän kehittymistä hoitotoimi oli lähinnä naisten käsissä. He hoitivat sairaita ja tekivät havaintoja erilaisten hoitokeinojen vaikutuksista potilaaseen. Tiedon muuttuessa tieteeksi ja oppineisuuden yhdistyessä yhteiskunnalliseen asemaan alkoi oppi ihmisruumiista ja sen sairauksista siirtyä lääkärin ammattikunnan yksinoikeudeksi. Jälkiviisaina voimme todeta, että lääketiede heitti usein lapsen menemään pesuveden mukana kansanparannuskeinoja ja taikauskoa vastaan käydyssä arvovaltakäytännössä.

Roomalainen historioitsija Hyginus kertoo 300-luvulla eläneestä kreikkalaisesta *Agnodike-nimisestä* naislääkäristä, jonka aikoihin lääkärintoimen harjoittaminen oli naisilta ankarasti kielletty. Tätä määräystä kiertääkseen Agnodike pukeutui mieheksi saadakseen lääketieteellistä oppia. Hänestä tuli pian hyvin suosittu naistentautilääkäri. Lopulta Agnodike kuitenkin paljastui ja joutui oikeuden eteen. Kerrotaan että hänen naispotilaansa marssivat oikeuteen ja sanoivat että mikäli hänet tuomitaan ovat tuomarit osoittautuneet naisten pahimmiksi vihollisiksi. Tuomiota ei sitten julistettukaan, vaan kyseinen kohta kumottiin laista. Kreikkalaisen lääkintätaidon uranuurtajien Hippokrateen ja Galenoksen kirjoituksissa on lukuisia mainintoja naislääkäreistä.

Varhainen oppinut lääketiede käytti apunaan kaikenlaisia sittemmin taikauskoksi julistettuja teorioita. Yksi näistä oli astrologia, oppi tähtien vaikutuksesta ihmiseen. Astrologia juontaa juurensa muinaiseen Babyloniaan, mistä käsin kreikkalaiset ja egyptiläiset sen omaksuivat. Astrologian perusteos oli Klaudius Ptolemaioksen *Tetrabiblos* (Neljä kirjaa). Sama Ptolemaios oli kirjoittanut kreikkalaisen tähtitieteen tulokset kokoavan *Almagest*-teoksen. Jälkimmäisessä kirjassa esitetään klassinen maakeskinen maailmankuva. Siinä maapallo on maailmankaikkeuden keskus, jota Aurinko, Kuu, planeetat ja kiintotähdet kiertävät monimutkaisia kehiä myöten. *Almagestin* välittivät länsimaihin arabit, jotka tutkivat Ptolemaioksen oppeja ja kehittivät niitä edelleen. *Almagest* ilmestyi latinaksi, keskiajan tieteellisellä kielellä, vasta vuonna 1175, jonka jälkeen sen maakeskisestä maailmankuvasta muodostui teologiaan nojaavan luonnontieteen hyväksymä ainoa oikea oppi.

Tetrabibloksen astrologiset vaikutukset levisivät suurin piirtein samoja kanavia pitkin. Niiden vaikutus lieenee ollut näkyvintä lääketieteessä. Jotkut lääketieteen harrastajat näkivät tähtien vaikutuksen rajoittuvan lähinnä sikiön kehitykseen, kun taas astrologiaan vankemmin uskovat katsoivat, että tähdet ohjasivat ihmistä hänen koko elinikensä ajan. 1200-luvulla elänyt italialainen Guido Bonatti kehitti jopa astrologiaan perustuvan neitsyydenmäärityksen teorian, niin että eräänkin planeettain ryhmytyksen perusteella voitiin sanoa naisen joutuneen kiusaukseen johon hän ei langennutkaan.

Lääkintätaidot kuuluivat vielä keskiajalla varsinkin luostareissa naisten kasvatukseen. Luostarit olivat keskiajalla eräänlainen yläluokan tyttöjen korkeakoulu. Niiden tieteellinen taso oli usein aivan munkkiluostareihin verrattavissa. Keskiajan lopulla tämä taso ehkä madaltui; silti luostareiden sulkeminen uskonpuhdistuksen vuoksi protestanttisiksi muuttuneissa maissa oli naisten koulutukselle vakava isku. Naiset eivät ainoastaan menettäneet mahdollisuuksiaan korkeampaan koulutukseen ja tieteenharjoittamiseen, vaan joskus se mikä naisilta otettiin pois tuli suoraan miesten eduksi. Esimerkiksi englantilaisesta Pyhän Radegundin nunnaluostarista tehtiin Cambridgen yliopiston Jesus College, joka peri nunnien varat ja tilat.

Naiset harjoittivat lääketiedettä keskiajalla muuallakin kuin luostareissa. Italiaan Napolin lähelle 1000-luvun tienoilla muodostunut Salernon lääketieteen koulu oli aikansa johtava lääketieteen keskus. Nämä vuosisadat 1000-luvulta lähtien olivat Euroopassa erityisen raskaita usein raivoavien kulkutautien vuoksi. Lääkäripulan vallitessa naiset kelpasivat lääkäreiksi siinä kuin miehetkin. Salernon koulu oli ensimmäinen kirkon ulkopuolelle syntynyt lääketieteellinen oppilaitos. Sijaintinsa puolesta se oli mitä edullisin, sillä



Naiset kilpailivat keskiajalla lääkintätoimen alalla tasapäisinä miesten kanssa. Vähitellen naisilta suljetut miesten ammattikunnat valtasivat alan. Kuvassa 1400-luvun naislääkäri valmistaa lääkettä reseptikirjansa ohjeen mukaan.

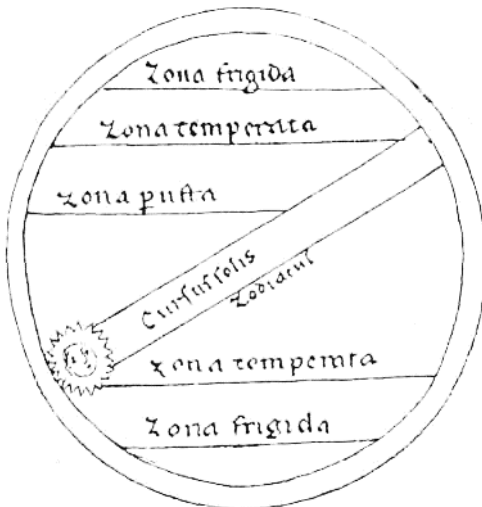
juuri Italia otti Espanjan lisäksi ensimmäisenä vastaan arabien ja juutalaisten välittämää tietoa.

Salernon naislääkäreistä tunnetuin oli Ruggierin aatelisperheeseen kuulunut 1000-luvulla elänyt Trotula. Noihin aikoihin lääketiedettä harjoitettiin usein perhekunnittain. Trotula teki tieteellistä tutkimustyötä yhdessä miehensä Giovanni Plateriuksen ja poikansa Matteo Plateriuksen kanssa. Heidän yhteisistä teoksistaan mainittakoon *Practica brevis*, opetustarkoituksiin kirjoitettu lääketieteen ensyklopedia sekä teos *De compositione medicamentorum*, joka käsittelee lääkeaineiden koostumusta. Trotulan kirjoittamaksi on vahvistettu *De mulierum passionibus* (Naisten kärsimyksestä), varhaisin

säilynyt naisten terveydenhoidon käsikirja. Se oli käytössä vielä 1700-luvulla. Salernon naislääkäreistä monet lienevät olleet nimenomaan naistentautien lääkäreitä. Ruumiinavauksien ollessa kiellettyjä havainnot oli tehtävä ruumiintoimintoja ja oireita tarkkailemalla. Hoitoina käytettiin yrttejä, lääke- kylpyjä, voiteita ja tietysti suoneniskentää. Trotulan mainitaan olleen taitava kirurgi, joka osasi suorittaa mm. keisarinleikkauksia.

Keskiajan lopulla lääkärien lukumäärän lisääntyessä oikeudesta harjoittaa lääkärintointia käytiin usein ankaria kiistoja. Pariisin lääketieteellinen tiedekunta julkaisi 1220 ediktin, joka kielsi lääkärinammatin harjoittamisen muilta kuin tiedekuntaan kuuluvilta. Tiedekunnan jäseniksi taas hyväksyttiin ainoastaan naimattomia miespuolisia henkilöitä. Ediktin avulla ei kovin pian onnistuttu estämään riippumattomien parantajien toimintaa.

Vuonna 1292 Pariisissa toimi ainakin 8 naislääkäriä. Historiaan on jäänyt erityisesti juutalaisen *Jacoba Felicen* nimi. Hän joutui oikeuden eteen monien muiden mukana vuonna 1322 lääkintätoimen harjoittamisesta vastoin edellä mainittua ediktiä, joka kielsi Jacobalta ja muilta potilaiden tutkimisen, lääkkeiden ja hoidon määräämisen, parantamisen sekä maksun vastaanottamisen. Tietomme keskiajan naisparantajista ovatkin useimmiten peräisin tällaisten oikeudenkäyntien asiakirjoista. Lääketieteellisen tiedekunnan dekaani totesi, ettei Jacoba Felice ollut pätevä lääkäriksi, koska hän ei ollut oppinut tautien syitä kirjoista. Oikeudessa todistivat lukuisat Jacoban parantamat potilaat. Monet heistä lääketiede oli hylännyt parantumattomina oman onnensa nojaan. Heidän lausunnoistaan piittaamatta Jacoba Felice tuomittiin raskaisiin sakkoihin ja häntä kiellettiin harjoittamasta lääkärinammattia Pariisissa tai sen lähistöllä.



Hohenburgin luostarin abbedissa Herrad laati nunnilleen varsin perusteellisen luonnontieteen oppikirjan "Hortus deliciarum". Kuvassa (vas.) hahmotellaan pohjoisen ja eteläisen pallonpuoliskon kylmät (zona frigida), lauhkeat (zona temperata) ja kuumat ilmastovyöhykkeet.

"Hortus deliciarum" -kirjan kuvitus on säilynyt vain piirroskopiaina. Straubin piirroksessa (oik.) kuvataan mikrokosmoksen ja makrokosmoksen, ihmisen ja maailmankaikkeuden yhteyttä keskiaikaisen maailmankuvan mukaan.

voituksia. Näytelmässä keisari Hadrianus kysyy Sapiention kolmen tyttären ikää. Tämä vastaa kuvailemalla tyttären ikää edustavien lukujen ominaisuuksia. Hroswitha kirjoitti myös draaman nimeltä *Teofiluksen lankeemus ja nousu*, jota voidaan pitää paholaiselle sielunsa myyneestä tiedemiehestä kertovan Faust-näytelmän edelläkävijänä.

Varsinaisen teoreettisen tietämyksen harjoittajat löytyvät nunnaluostareista. Elsassilaisen Hohenburgin luostarin abbedissa *Landsbergin Herrad* (?—1195) kokosi 324 pergamenttisivua käsittävän *Hortus deliciarum* (Ilojen puutarha) -nimisen teoksen oppikirjaksi naisille. Teoksesta löytyy mitä monipuolisimpia tietoja maailmankaikkeuden rakenteesta tuulimyllyjen ja hammasrattaiden toimintaperiaatteisiin. Valitettavasti teoksen käsikirjoitus tuhoutui täysin vuonna 1870 saksalaisten piirittäessä Strasbourgin kaupunkia. Vain jäljennöskatkelmia on säilynyt.

Sen sijaan keskiajan merkittävimmästä oppineesta naisesta *Bingenin Hildegardista* (1098—1170) ja hänen tuotannostaan tiedämme varsin paljon. Hän syntyi vuonna 1098 ylhäisöperheen nuorimmaiseksi Reininlaaksossa, Bermersheimissa Alzeyn lähellä. Jo lapsena hän meni Disibodenbergin luostariin. Hildegard lienee luostarissa saanut ajanmukaisen, jonkin verran katkelmalliseksi jääneen koulutuksen. Aristoteleen kirjoituksia hän tunsikin lainauksina. Sen sijaan hän ei ehtinyt päästä osalliseksi arabien välittämän antiikin luonnontieteellisen tiedon leviämisestä Eurooppaan. Vähän Hildegardin kuoleman jälkeen käännettiin mm. Ptolemaioksen *Almagest* ja Aristoteleen *De caelo et de mundo* (Taivaasta ja maasta). Hildegardilla on ehkä ollut tilaisuus tutustua Aristoteleen nopeasti Euroopan luostareihin levinneeseen teokseen *Meteorologiaa* (Säästä), joka käännettiin vuonna 1150.

Hildegardin tieteelliset menetelmät olivat meidän aikamme näkökulmasta katsoen varsin erikoisia. Hän sai tietonsa jumalallisina ilmoituksina eli ”näkyinä”. Ne muistuttivat migreenikohtauksia. Hildegard kuvailee niitä itse seuraavasti:

”Lapsuudestani aina tähän päivään — olen nyt 70-vuotias — olen aina nähnyt tämän valon hengessäni enkä ulkoisten silmien avulla, sen enempää kuin sydämeni tutkiskelujen tai muutoinkaan viiden aistini välityksellä. Mutta ulkoiset silmäni pysyvät avoimina, ja ruumiini muut aistit jatkavat toimintaansa, niin etten suinkaan vaivu hurmiotilan tiedottomuuteen vaan näen tämän valveilla ollessa, päivällä sekä yöllä. Valo, jonka näen, ei ole mihinkään paikallistunut, ja silti se on loisteeltaan Auringon valaisemaa pilveä kirkkaampi. En kykene tarkastelemaan sen korkeutta, pituutta tai leveyttä, ja kutsun sitä ”elävän valon varjoksi”. Ja kuten Aurinko, Kuu ja tähdet heijastuvat vedessä, niin myös ihmisten kirjoitukset, sanat, hyveet ja heidän tietyt tekonsa loistavat edessäni. Kaikki näyssä näkemäni säilyy mielessäni pitkään, ja samoin näen, kuulen ja ymmärrän sen lähes välittömästi ja merkitsen näin oppimani muistiin.

Mutta joskus erotan valossa toisen valon jota nimitän ”eläväksi valoksi” itsekseen. Milloin ja miten sen näen, en saata sanoa. Katsoessani sitä katoaa



*Bingenin pyhä Hildegard, keskiajan tunnetuin tiedenainen, sai tietonsa maailman-
kaikkeuden rakenteesta "näkyinä". Ne pohjautuivat Hildegardin tuntemaan kirjallisuuteen ja hänen omiin tietoihinsa kasveista ja eläimistä. Kuva Hildegardin teoksesta "Scivias".*

kaikki kipu ja suru niin että tunnen itseni jälleen tavalliseksi nuoreksi neidoksi enkä siksi vanhaksi naiseksi joka olen.

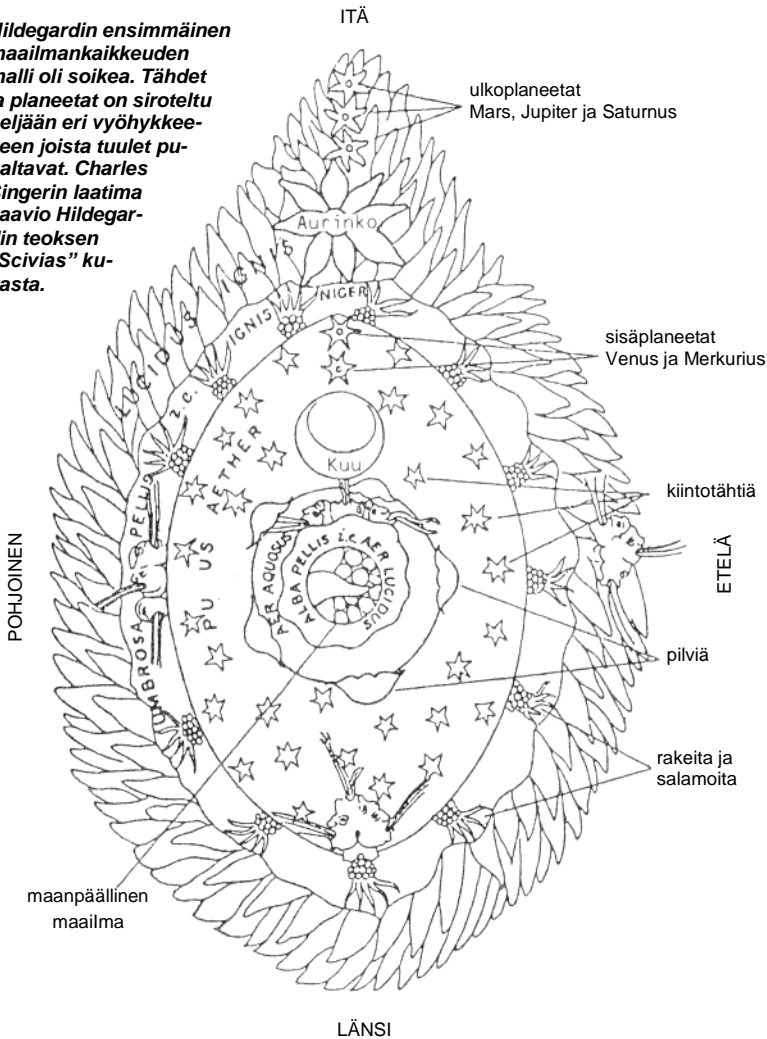
Näin yli 70 vuoden ikäisenä henkeni leijuu Jumalan tahdosta näyssä aina ylimpään taivaaseen ja ilman kaukaisimpaan ääreen asti kurkottaen minusta kaukana olevien kansojen sekä seutujen puoleen, ja täten kykenen ymmärtämään pilvien vaihtelut ja kaikkien luotujen muuntelun, sillä näen tämän kaiken, en ulkoisilla silmilläni tai ulkoisilla korvillani, enkä luo niitä sydämeni mietiskelystä, vaan hengestäni, silmät avoimina, niin etten milloinkaan näkyjen hälvettyä ole tuntenut pelkoa.”

Hildegardin ensimmäinen näkyjä kuvaileva teos on *Liber scivias*, jota hän kertoo kirjoittaneensa 1141—50. Sen esipuheessa hän sanoo äänen kehottaneen häntä merkitsemään näkynsä muistiin hänen ollessaan 42 vuoden ja 7 kuukauden ikäinen. Toista näkyjen kirjaa *Liber vitae meritorum* hän kirjoitti 1158—63. Viimeiseen hän talletti elämänsä aikana kirjaamansa tiedon koko maailmankaikkeudesta. Tämä teos, *Liber divinorum operum* (Kirja jumalallisista teoista), on kirjoitettu 1163—70. Näiden näkykirjojen ohella Hildegard laati joukon lyhyempiä kirjoituksia ja kaksi luonnontieteellistä teosta, *Physica* (Luonnonoppi) ja *Causae et curae* (Parannusoppi). Jälkimmäisiä eivät eräät tutkijat aikoinaan hyväksyneet Hildegardin töiksi niiden sisältämien kansankielisten nimien ja teosten ”maallisemman” lähestymistavan vuoksi.

Hildegard siirtyi 1150 vastaperustetun Rupertsbergin nunnaluostarin johtajaksi. Myöhemmin hän perusti lähettyville Eibingenin luostarin. Hildegard näyttää olleen varsin voimakas persoonallisuus, jolle myös hallinnolliset ja maalliset asiat olivat tuttuja. Hänen kirjeenvaihdostaan paavien, keisarien, kuninkaiden ja pienempien piispojen kanssa on säilynyt puolisen tuhatta kirjettä. Hildegard ponnisteli erityisesti toisen ristiretken käynnistämiseksi. Hän matkusteli paljon ja luennoi teologiasta ja lääketieteestä sekä saamasi kerettiläisyyttä vastaan. Mikään kapinallinen hän ei ollut, vaan nautti päinvastoin kirkon täyttä hyväksyntää. Paavi Eugenius III vahvisti Trierin synodissa (1147—48) Hildegardin näkijänlahjat virallisesti lukien korkeimman omasuisesti ääneen otteita Hildegardin teoksesta *Scivias*. Hildegardin pyhimykseksi julistamista tutkittiin 1230-luvulla. Asiasta ei tuolloin tullut mitään. Sen sijaan löydämme Hildegardin nimen 1500-luvun pyhimysluetteloista, vaikka asiakirjoja pyhimykseksi julistamisesta ei olekaan.

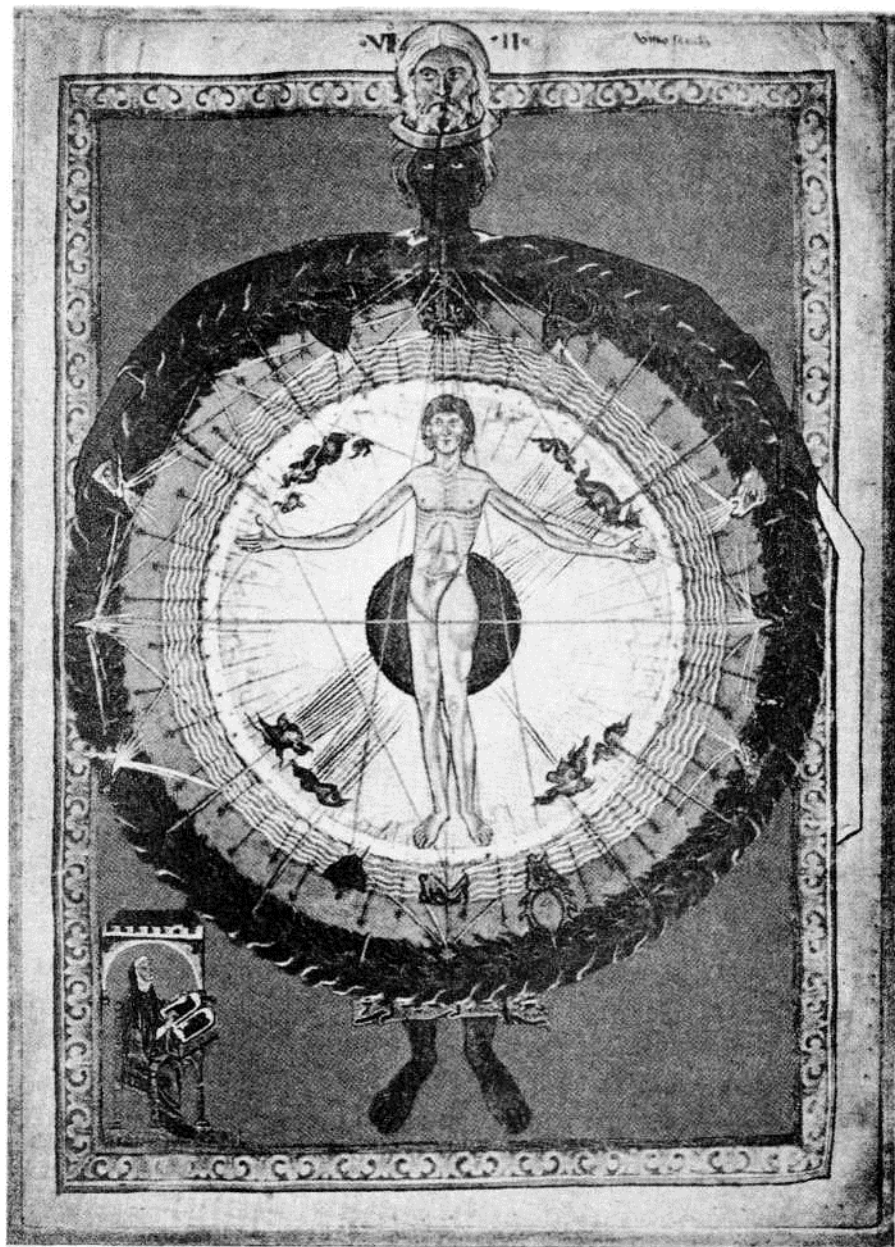
”Tieteellisen menetelmänsä” eli näkyjen kannalta Hildegard eli oikealla vuosisadalla. Pian hänen jälkeensä omaksutun aristoteelisen maailmanmallin sisältämä matemaattinen johdonmukaisuus ei enää olisi jättänyt tilaa tällaisille puhtaasti kuvaileville maailmanmalleille. Hildegardin näkyjen tiede sisältää ajalle tyypillisiä elementtejä, kuten neljän alkuaineen (tuli, ilma, vesi, maa) hierarkisen (järjestetyn) sijoittumisen maailmankaikkeuteen. Hildegardin käsitys mikro- ja makrokosmoksen yhteydestä (maailmankaikkeuden

Hildegardin ensimmäinen maailmankaikkeuden malli oli soikea. Tähdet ja planeetat on siroteltu neljään eri vyöhykkeeseen joista tuulet puhaltaavat. Charles Singerin laatima kaavio Hildegardin teoksen "Scivias" kuvasta.



samankaltaisuudesta ihmisen kanssa) noudattaa sekin tuolloin vallinnutta tietämystä. Myös Hildegard kuvailee pallonmuotoista Maata, jota ympäröivät erilaiset maanpäälliseen elämään vaikuttavat kehät. Erikoista Hildegardin ensimmäisessä maailmanmallissa (Scivias) on uloimpien kehien soikeus ja uloimman munanmuotoisuus. Myöhemmin Hildegard "näki" maailmankaikkeuden täydellisen pyöreänä viimeisessä teoksessaan *Divinorum operum*.

Alimpana Hildegardin alkuperäisessä mallissa on pallonmuotoinen Maa, jossa on vallalla neljän alkuaineen kaaos. Sen yllä on pyöreä *aer aquosus*.



Ihminen maailmankaikkeudessa. Mikrokosmoksen ja makrokosmoksen yhteys Hildegardin teoksen "Liber divinorum operum" mukaan.

Sieltä puhaltaa itätuuli ja sen ulommissa osissa purjehtivat pilvet. Sitten on soikea *purus aether*, johon kiintotähdet, Kuu ja sisäplaneetat on siroteltu ja jonka uumenista länsituuli puhaltaa. Ilmeisesti Hildegard on ymmärtänyt jonkin Aristoteleen teoksista otetun lainauksen väärin tähtiä ja planeettoja sijoitellessaan. Eetterikehän yläpuolella on tumman nahkakalvon kaltainen *umbrosa pellis* eli *ignis niger* josta pohjoistuuli puhaltaa. Siellä saavat alkunsa salamat ja rakeet. Tämä muistuttaa Aristoteleen *Meteorologiassa* esitettyä käsitystä ilmakehän ilmiöistä tulen tiivistymisenä. Kaikkein ulompana sijaitsee idässä suippeutuva tulinen *lucidus ignis* jossa ovat ulkoplaneetat ja Aurinko ja josta kuuma etelätuuli puhaltaa. Vuodenajat vaihtelevat tuulten puhaltaessa ja liikuttaessa maailmankaikkeuden koneistoa. Ennen syntiinlankeemusta eri alkuaineet olivat tasapainossa. Harmonia palautetaan Hildegardin mukaan viimeisellä tuomiolla, jolloin aineet erotetaan ja syntyy uusi taivas ja uusi maa.

Teoksessa *Liber divinorum operum* tästä mallista tulee enemmän 1100-luvulla vallinneita käsityksiä muistuttava. Kehistä tulee pyöreitä ja mitoiltaan tarkasti esitettyjä. Tähdet sijoitetaan nyt kolmeen eri kehään niin että *aer aquosuksen* alle mutta ilmakehän (*aer tenuis*) pilvien ylle lisätyssä vyöhykkeessä sijaitsee joitakin tähtiä. Planeetat liikkuvat itsenäisemmin. Alkuaineet sijaitsevat tässä mallissa hierarkisemmin, ulkoa sisäänpäin tihentyen.

Uuden maailmanmallin piti soveltua Hildegardin viimeisen teoksen sisältämään yhteenvetoon koko hänen teologisesta, fysiologisesta, kosmologisesta ja psykologisesta tietämyksestään. Siihen sisältyi oppi mikro- ja makrokosmoksesta.

Keskiaikaista mikrokosmosta voidaan kuvata olentona, jonka ympärille muu maailmankaikkeus keskittyy. Tuulet, taivaankappaleet ja muut maailmankaikkeuden ainesosat vaikuttavat sen mukaan ihmisruumiin neljään ”höyryyn” ja neljään alkuaineeseen. Maailmankaikkeutta läpäisee elävä henki, ”maailmanhenki”, jonka suuhun Hildegard sijoittaa seuraavat sanat:

Ja hahmo puhui: ”Minä, ylin tulinen voima, sytytän jokaisen elämänkipinän. Kuolemalla ei ole minussa osaa. Minä päätän olemassaolosta. Siivilläni vyötän maanpiirin, jonka olen viisaudellani kietonut. Olen se jumalallisen olemuksen elävä ja tuulinen ydin joka hehkuu peltojen kauneudessa, loistaa vedessä, palaa Auringossa, Kuussa ja tähdissä. Ilmavalla tuulella kuin kaiken sisältämällä näkymättömällä elämällä herätän kaiken liikkeeseen. Hengitän vehreydessä ja kukkeudessa, saan vedet juoksemaan ikään kuin ne eläisivät. Loin koko maata yllä pitävät patsaat. Olen kaikkeen kätkeyty tulinen voima. Olen tuulten ahjoja niin kuin ihminen sielulla varustettuna hengittää, niin myös minä pidän henkäykselläni tulta yllä. Nämä kaikki elävät koska minä olen niissä ja niiden elämästä tehty. Olen viisaus. Minun on sen jyrisevän sanan voima jolla kaikkeen luotiin. Lävistäen kaiken olevaisen niin ettei siinä mitään kuollutta olisi. Minä olen elämä.”

1500-luvulla eläneen mystikon ja parantajan Paracelsuksen töissä on muistumia Hildegardin teoksista. Tämä selittyy sillä, että lähellä sijainneen Sponheimin luostarin apotti Trithemius oli Paracelsuksen opettaja. Hän epäilemättä tutustutti oppilaansa kuuluisan abbedissan tuotantoon.

Hildegardin lääketieteelliset tiedot eivät liene olleet kovin mullistavia. Ilmeisesti hän oli nähnyt joitakin anatomisia kaavioita. Hildegardin maine parantajana perustuu paljolti hänen tietämykseensä yrteistä ja hänen käsitykseensä ihmisruumiista kokonaisuutena sekä terveiden elämäntapojen, erityisesti puhtaan juomaveden merkityksestä. Hän tunsikin noin 400 erilaista rohtoa.

Saattaisi olla mielenkiintoista tutkia Hildegardin teosten suhdetta Paracelsuksen oppeihin. Kummankaan kirjoitukset eivät tieteelliseltä sisällöltään poikkea heidän aikalaisistaan, mutta kummankin lähestymistapaa voidaan pitää ihmiskeskeisellä tavalla kokonaisvaltaisena. Paracelsus kirjoittaa: ”Minussa ei ole muuta kuin halu löytää paras mihin lääketiede voi yltää, paras mihin Maan luonto totisesti pyrkii sairaiden hyväksi. Niinpä sanon, ettei mikään tule minusta. Kaikki tulee luonnosta jonka osa minäkin olen.” Paracelsus oli aikansa kuvainkaataja. Hän kannatti maallikkujen oikeutta tutkia luontoa ja sen ilmiöitä. Toisaalta hän uskoi itse itseään liikkeessä pitävään luontoon ja yksilölliseen tahdonvapauteen. Tietonsa hän sai etupäässä omista havainnoistaan ja naisparantajilta, partureilta ja muilta kansan-ihmisiltä. Hän valitsi mieluummin jäsenyyden jyväkauppiaiden killassa kuin virallisen lääkärinammatin. ”Jumalan tahdosta mikään ei jää ihmiseltä salaan hänen kävellessään luonnon valossa; sillä kaikki mikä kuuluu luontoon on olemassa ihmistä varten.” Tässä Paracelsuksen lauseessa kuuluu jo uuden luonnon herruutta kohden pyrkivän tieteen ensimmäinen ääni. Hildegard puolestaan pani 400 vuotta ennen Paracelsusta magiaksi nimittämänsä itsenäistä luonnon tutkimista kannattavan olennon suuhun seuraavat uhmakkaat sanat:

”Merkuriuksesta ja muista filosofeista sanon moninaisia asioita, heistä jotka tutkimuksillaan valjastivat alkuaineet ja saivat tosiaankin selville kaiken toivomansa. Nämä hyvin viisaat ja hyvin rohkeat miehet oppivat nuo asiat osittain Jumalalta ja osittain pahoilta hengiltä. Ja miksi heidän ei olisi sopinut niin tehdä? Ja he nimesivät planeetat omilla niinillänsä tehtyään monia tutkimuksia ja opittuaan paljon Auringosta, Kuusta ja tähdistä. Sen lisäksi minä vallitsen ja hallitsen missä hyvänsä otan taitoni käyttöön, olkooppa se sitten taivaan valopisteissä, puissa ja yrteissä ja kaikessa mikä maassa kasvaa, pedoissa ja eläimissä jotka maata asuttavat, sekä madoissa maan päällä ja alla. Mikä voisikaan minun etenemistäni estää? Jumala loi jokaisen olennon, niin etten näillä taidoillani tee hänelle mitään vahinkoa. Sillä tämä on hänen tahtonsa, kuten Hänen kirjoituksensa ja täydelliset tekonsa osoittavat. Mitäpä sitä paitsi hyödyttäisi jos Hänen tekonsa olisivat niin sokeita ettei niistä voisi mitään syytä tutkia? Ei mitään.”

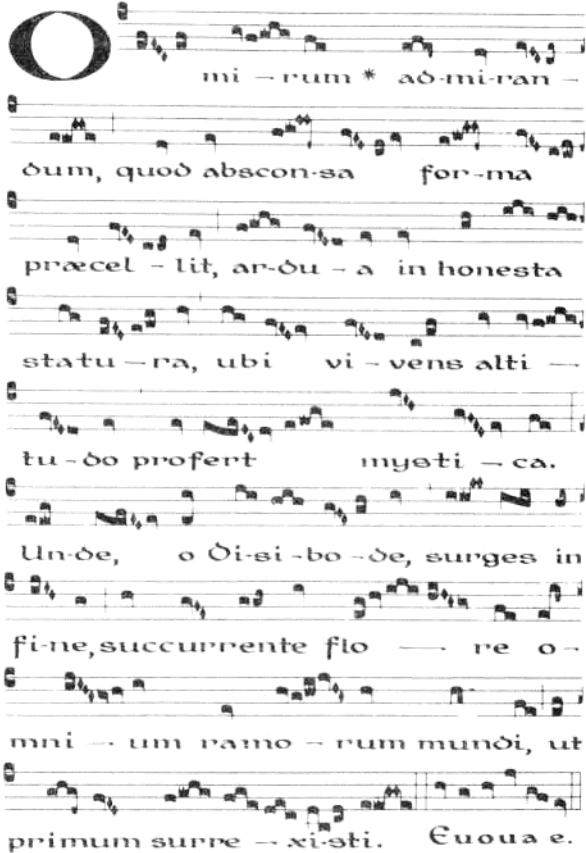
Hildegardin mukaan taikuus on pahoalaisesta peräisin. Toisaalta hän myön-

tää sen perustuvan luonnossa itsessään vallitseviin voimiin ja aineisiin. Suurimpana magian vastaisena argumenttina hän käyttää Jumalaa joka vastaa edellä olevan lainauksen magiaolennolle, että taikuus on pelkkä kehä vailla keskusta.

Hildegard esitti luonnonoppinsa teoksissa *Physica* ja *Causae et curae*. Jälkimmäinen sisältää kokonaisnäkemys ihmisestä luonnon osana korostaen harmonian palauttamista tienä terveyteen. Hildegard painottaa musiikin terveyttä edistävää vaikutusta maailmankaikkeuden harmonian osana kuten jo pythagoralaiset antiikin Kreikassa. Hildegard sävelsi itse musiikkia jota on säilynyt meidän päiviimme. Teokseen *Scivias* perustuva musiikkinäytelmä *Ordo virtutum* lienee sävelletty Rupertsbergin luostarin juhlallisia avajaisia varten.

28 Oe Sancto Disibodo

Ant.

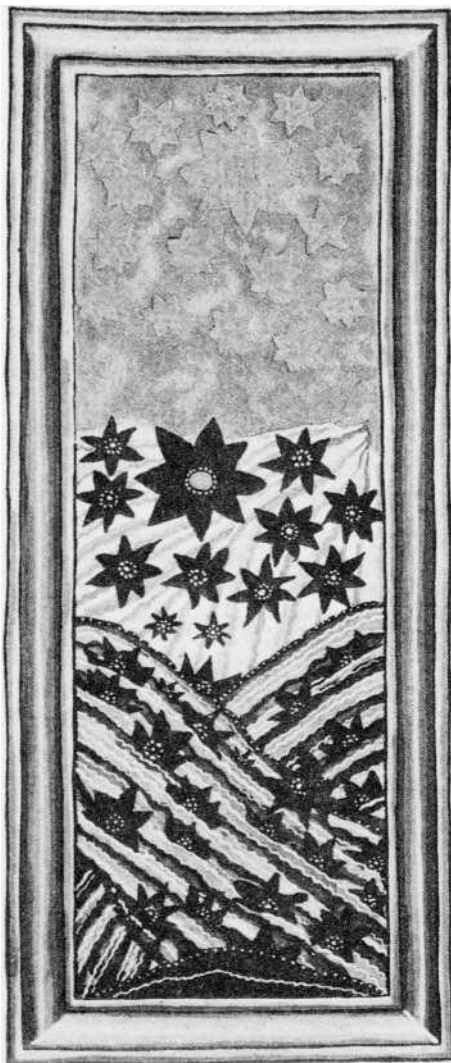


mi - rum * ad-mi-ran -
 dum, quod abscon-sa for-ma
 præcel - lit, ar-dou - a in honesta
 statu - ra, ubi vi - vens alti -
 tu-do profert myoti - ca.
 Un-de, o Disi-bo-de, surges in
 fi-ne, succurrente flo - re o -
 mnī - um ramo - rum mundi, ut
 primum surre - xi-sti. Euoua e.

Hildegard sävelsi hengellistä musiikkia. Disibodenburgin luostarin kunniaksi sävelletty "De sancto Disibodo" on yksi 77 säilyneestä laulusta. Näiden lisäksi Hildegard sävelsi musiikkinäytelmän Rupertsbergin luostarin avajaisiin.

Luonnontutkijoita on kiinnostanut erityisesti Hildegardin luonnonoppi eli *Physica*, joka on keskiaikaisen luonnontieteellisen tiedon aarreaaita. Sen yhdeksän kirjaa käsittelevät kiviä, kasveja, kaloja, lintuja, hyönteisiä ja nelijalkaisia. Yksin kasveja käsittelevä kirja sisältää 293 lukua.

Esitellessään kasvien, kivien ja eläinten parantavaa vaikutusta Hildegard on taikauskoisimmillaan. Hänen neuvonsa muistuttavat ”valkoista magiaa” joka ei paljon eroa siitä magiasta jonka hän niin ankarasti tuomitsee. Hän ei



Tähdillä oli Hildegardin kosmologiassa elämänsäkaarensa. Keskiajalla yleisesti muuttumattomina pidetyt tähdet sammuiivat Hildegardin mukaan aikanaan. Kuva teoksesta "Scivias".

kaiha loitsujen ja taikakalujen ym. kansanperinteen suosimien apuvälineiden käyttöä. Yrteistä hän kertoo, että ne idässä ovat täynnä hyvettä, hyvää tuoksua ja parantavia ominaisuuksia, mutta että niillä lännessä on voimallisia maagisia ominaisuuksia, jotka eivät juuri edistä ihmisruumiin terveyttä. Eräillä kaloilla on Hildegardin mukaan kyky karkottaa demoneja. Himmeäsilmyyttä parannetaan auringossa kuivatulla palasella mursun nahkaa, jota on pehmennetty laimentamattomassa viinissä. Tämä nahanpala painetaan yöllä silmien väliin aina keskiyöhön asti, joka toisena yönä viikon ajan. Ellei silmien himmeys tällä hoidolla parane, ei Jumala tahdo näin tapahtuvan, päätelee Hildegard.

Hildegard tuomitsee ankarasti astrologian ja pitää taivaan ilmiöitä merkkeinä jo tapahtuvaksi määrätystä eikä ennusmerkkeinä. Silti hän tuntuu uskovan vankasti taivaankappaleiden, varsinkin Kuun vaikutuksiin. Hän hämmästelee sitä, että ihmiset lisääntyvät vapaasti taivaan olosuhteista välittämättä, vaikka esimerkiksi kuunkierron 18. päivänä siitetyistä lapsista tulee varkaita. Kuun vaihtelevaisuus näkyy Hildegardin mukaan ihmisessä niin, että Kuu vaikuttaa ilmaan, ilma ihmisen vereen ja hänen ruumiinsa höyryihin. Näin syntyvät erilaiset ihmistyytit. Esimerkiksi miehestä voi tulla ”hyvä oppinut mutta luonteeltaan äkkipikainen ja opinnoissaan liian kiivas niin että hänen tietonsa on hajotettu liian laajalle alalle niin kuin tuuli hajottaa oljenkorret; ja hän pyrkii hallitsemaan muita. Ruumiiltaan hän on terve paitsi että hänen jalkansa ovat heikot ja hänellä on taipumusta luvvaloon, mutta hän saattaa elää melko vanhaksi mikäli Jumala niin tahtoo.” Kaikissa tällaisissa asioissa Jumalalla on Hildegardin opeissa lopullinen päätösvalta. Muuttuvaisen luonteen voi karkottaa kuten Aurinko hajottaa pilvet.

Hildegard edustaa innokkaissa näkyihin perustuvissa opeissaan keskiajan tiedettä, josta tieteenhistorioitsija Lynn Thorndike on sanonut, että siinä tiede palvelee uskontoa mutta uskonto puolestaan ei epäröi hyväksyä tiedettä. Keskiajan oppineista ”Reininlaakson Sibylla”, kuten Hildegardia on kutsuttu, kuuluu erikoislaatusimpiin ja tiedoiltaan monipuolisimpiin. Hänen monet teoksensa odottavat vaikeaselkoisuudessaan ja laajuudessaan yhä tutkijoita, jotka kykenevät pureutumaan tähän keskiaikaiseen tiedon aarreaitaan.

Mitä noidat todella tiesivät?

Renessanssiksi eli uudelleen syntymiseksi kutsutaan sitä tieteiden ja taiteiden kukoistusta, joka alkoi Italiassa ja levisi 1500-luvulle mennessä muualle Eurooppaan. Siihen vaikutti suuresti antiikin saavutusten tunnetuksi tuleminen 1100-luvulta lähtien. On kuitenkin aiheellisesti kysytty, oliko naisilla renessanssia lainkaan. Ymmärtääksemme naisen asemaa luonnontutkijana on syytä tarkastella hänen asemaansa muuttuvassa maailmankuvassa.

Naisen asema oli keskiajalla todennäköisesti parempi kuin uuden ajan ensimmäisinä vuosisatoina. Keskiajan lopussa naisilla oli omia ammattikuntia, jotka sittemmin nujerrettiin kiihtyvässä kilpailussa kieltämällä naisten osallistuminen ammattikuntalaitokseen. Ylhäisönaiset menettivät koulutusmahdollisuuksiaan siellä missä uskonpuhdistus sulki nunnaluostarit. Muualla luostarilaitosten taso laski eikä nunnilla enää ollut samoja mahdollisuuksia keskittyä tieteen harjoittamiseen kuin keskiajalla. Nunnien toimia pyrittiin rajoittamaan monenlaisin säädöksin; tosin siinä ei aina onnistuttu.

Keskiaikainen naiskuva oli perustunut toisaalta kirkon käsitykseen naisen olemuksesta, toisaalta naisen yhteiskunnalliseen asemaan senaikaisessa yhteisössä. Jälkimmäinen naiskuva oli kirkon ja tieteen teorioita vapaampi.

Keskiajan maailmankuvassa ihminen yleensä nähtiin itsenäisesti kasvavan ja muuttuvan luonnon yhtenä osana, ei sen herrana. Luonto oli olennaisesti ihmisestä riippumaton. Usein se esitettiin naisellisena, jolloin samaistettiin luonnon hedelmällisyys ja naisen kyky synnyttää. Luonto ei ollut mekaanisesti osistaan koostunut vaan elävä. Esimerkiksi metallisuonet ”kasvoivat” maassa. Uskottiin että louhitun metallin tilalle kasvaisi uusia suonina.



Vielä uuden ajan alussa metallisuonia pidettiin elävinä suonina, jotka kasvoivat maassa. Saksalaisen Georg Agricolan teoksessa De Re Metallica (1556) näemme varhaisen esimerkin luonnonvarojen voimallisesta hyödyntämisestä. Puut on hakattu kaivosteollisiin tarkoituksiin.

Myöhäiskeskiajan lopulta lähtien ihmisen suhde luontoon alkoi tehostuvan maanviljelyksen ja metsätalouden myötä muuttua jyrkästi. Suuria metsäaloja aidattiin pelloiksi ja laitumiksi. Metsä sai väistyä laajoilta maa-alueilta ikuisiksi ajoiksi. Puun käyttö lisääntyi samoihin aikoihin, kun kasvavat kauppa- ja sotalaivastot nielivät tonneittain parasta tammipuuta. Polttopuutarat vähenivät nopeasti ja hiiliteollisuus alkoi paisua Englannissa. Talonpojat vastustivat uusia viljelymenetelmiä ja peltojen aitaamista laidunmaiksi niiden uhatessa heidän perinteisiä elinkeinojaan. Maanviljelys oli ollut tyypillinen koko perheen työllistävä kokonaisvaltainen elinkeino. Sen tilalle alkoi nyt tulla markkinatalouden edellyttämä elinkeinojen erikoistuminen. 1900-luvun puoliväliin mennessä Euroopan äärimmäisiltä syrjäseuduilta saattoi löytää vielä joitakin elinvoimaisia ”keskiaikaa” eläviä talonpoikaisyhteisöjä. Muualla teollistuminen oli muuttanut maanosan kasvot täysin.

Ekologian historiaa tutkiva Carolyn Merchant on sanonut, ettei nykyisessä ekologisessa kriisissämme ole mitään uutta, uutta ovat vain kriisin mittasuhteet. Paljaaksi hakatut metsät ja hiilen mustaamat asutuskeskukset, joissa ihmiset elivät karjaakin kehnommissa oloissa, edustivat uuden ajan alun ympäristömuutosta. 1500-luvulla eläneen saksalaisen luonnontutkijan Cornelius Agripan mukaan luonto oli muuttunut vastahakoiseksi. Oltuaan kerran antelias ja suotuista siitä oli tullut villi ja pitelemätön. ”Nyt maa ei tuota ilman otsamme hikeä enää mitään paitsi kuollutta ja myrkyllistä, eivätkä muutkaan alkuaineet ole meille sen suotuisampia. Meret aiheuttavat tuhoa raivoisalla myrskyisyydellään ja ihmisiä nielevillä hirviöillään. Ilma sotii meitä vastaan ukkosenjyrinällä, salamoilla ja rajuilmoilla. Taivas on liitossa ruttotautien kanssa henkemme menoksi.”

Ihmiset alkoivat nähdä luonnon muutettuna. Koska se ei enää aina palautunut entiselleen, sitä alettiin pitää hedelmättömänä, kuolleesta aineesta koostuvana. Ihminen vieraantui hitaasti luonnosta. Hän ei enää ollut luonnon osa vaan sen hyväksikäyttäjää.

Nykykaikaisen tieteen isäksi ristitty englantilainen Francis Bacon asetti luonnontieteen harjoitukselle selkeät tavoitteet: ”pyrkimys saavuttaa ihmisrodun yliherruus ja valta yli maailmankaikkeuden ja sen laajentaminen”. Bacon ja hänen aikalaisensa puhuivat eloisasti siitä, miten pelottomien miesten on tunkeuduttava luonnon syvimpiin kammioihin, paljastettava sen kaikki salaisuudet ja valloitettava valtansa alle (naispuolinen) luonto lapsineen. Englantilainen Robert Boyle kirjoitti 1661 siitä, miten tärkeää on erottaa pelkkä luonnon tutkiminen luonnon hallitsemisesta: ”Jotkut miehet haluavat vain tuntea luonnon, toiset kaipaavat käskä häntä.”

Luonto nähtiin uudessa maailmankuvassa mekaanisena järjestelmänä, eräänlaisena kellonkoneistona, jonka Jumala oli aikojen alussa pannut tikittämään. 1600-luvulla elänyt filosofi Descartes kannatti tällaista mekaanista luonnonkuvaa, jossa kosketuksesta siirtyneet voimasysäykset pitivät maail-

man koneiston ikuisessa liikkeessä. Koneiston myöhempi tila voitiin ennustaa täysin, kunhan vain tunnettiin sen alkutila ja sen koneistoa hallitsevat lait. Descartes piti eläimiä pelkkinä mekaanisina laitteina ilman sielua tai itsenäistä tahtoa.

Keskiaikaisen tieteen maailmankuva oli ollut hierarkkinen. Maa oli ollut kaikkeuden keskus. Maapalloa ympäröivien veden, ilman ja tulen kehien tuolla puolen itse Jumala piti kaikkeuden koneistoa käynnissä. Uusi filosofia antoi ihmiselle ennen yksin Jumalalle kuuluneita valtuuksia luonnon hallitsijana. Luonnontutkimuksen ongelmista tuli erillisongelmia, jotka voitiin ratkaista suuremmasta kokonaisuudesta erillään. Newtonin fysiikka oli matemaattisessa kauneudessaan varsin käyttökelpoinen uuden ajattelutavan välineeksi.

Luonnonkuvan muuttuminen merkitsi naiskuvan muuttumista, olihan luontoa pidetty naisellisenä. Ihmisen lisääntymistä koskevat teoriat esittivät hedelmöitymisen tapahtumana, missä mies tartuttaa elävän hengen naisessa olevaan kuolleeseen aineeseen. Tämä oli sukua aristoteelisen kristinuskon omaksumille opeille, mutta ristiriidassa naisen ja luonnon lisääntymiskykyä kunnioittavan kansanomaisen katsantokannan kanssa.

Uuden ajan alussa Euroopassa raivonneet noitavainot kohdistuivat suurimmaksi osaksi nimenomaan kansanihmiisiin. Mitään luotettavia, täydellisiä tilastoja ei noitavainoista ole tehty, mutta tarkimpien arvioiden mukaan niissä lienee surmattu kaikkiaan noin 100 000 ihmistä. Näistä karkeasti ottaen 80 % oli naisia.

Noitja ja noituutta vastaan hyökänneet aikalaiskirjoitukset arvostelivat vuolaasti noitien lihallisuutta ja heissä vallitsevaa ”luonnon sekasortoa”. Noin puolet noitina poltetuista naisista oli leskiä, lähinnä iäkkäitä talonpoikaiseukkoja. Näiden naisten noituus oli lähinnä perinteistä kansanparannustaitoa ja loitsujen lukua. He olivat saattaneet tietien tahtoen omaksua noidan osan yhteiskunnassa, jossa juuri heidän kaltaisensa naiset jäivät yhteiskunnan taloudellisten ja aatteellisten muutosten jalkoihin. Noitavainojen vastustajat puolustivat noitina pidettyjä naisia vetoamalla näiden heikkouteen ja sääliittävyyteen. Englantilainen Scot sanoo 1584 ilmestyneessä puolustuspuheessaan *Discoverie of Witchcraft* (Havaintoja noituudesta) noitien olevan ”naisia jotka sukupuolensa tähden ovat epävakaita ja uskoltaan epäluotettavia sekä ikänsä vuoksi selkeään ajatteluun kykenemättömiä. He ovat erityisen alttiita paholaisen viettelyksille.”

Emme tarkkaan tiedä, mitä noidat todella tiesivät. Voimme arvailla heidän lääkintätaitonsa muistuttaneen Bingenin Hildegardin muistiin merkitsemiä yrttien ja rohtojen ominaisuuksia loitsuihin ja perinteisiin uskomuksiin yhdistyneinä. On huomautettu, että noituudesta epäillyt miehet edustivat usein liian kauaksi hyväksytystä tieteellisestä perinteestä etäännyneitä opinhaaroja. Heidän kohdallaan vaino saattoi merkitä tieteellisen puhdasoppisuu-



Noitia puuhissaan. Hans Baldung Grienin puupiiirros 1510.



Anne Heinrichs poltettiin noitana Amsterdamsissa 1571. Länsimaisen maailmankuvan murrokseen liittyneet noitavainot vaativat ainakin 100 000 uhria.

den valvomisen äärimmäistä muotoa aikana, jolloin maailmankuvan muutos oli rajua ja jolloin tieteelliset oppisuunnat ja auktoriteetit saattoivat ottaa ankarastikin yhteen. On merkillepantavaa, että vainot loppuivat 1700-luvun puolivälin tienoilla itsestään ilman mitään erityistä valistuskampanjaa tai tiedeyhteisön kannanottoja.

Naisparantajien vaino tuo mieleen keskiajan lopulta lähtien tiukennetut ammatinharjoittamisen rajoitukset. Englannissa naisten yksinoikeutena ollut kätilönammatti siirtyi 1600-luvulta alkaen ”ammattitaitoisten” mieslääkäreiden toimenkuvaan. Perinteisen kyläyhteisön tiedot ja taidot eivät enää sopineet muuttuneeseen yhteiskuntaan, jossa erikoistuminen ja ammattimaistuminen vakasivat alaa. Uuden ajan alkuvuosisatoina vain joukko sivistyneistöperheiden tyttäriä saattoi kotiolioissa kurkistaa tieteellisen vallankumouksen mullistaman luonnon tarkoin varjeltuihin salaisuuksiin.

Nainen lukee yölampun valossa

Margaret Ensimmäinen ja hänen ihmeellinen valtakuntansa

Margaret Cavendish kirjoitti esikoisteoksessaan *Poems and Fancies* (Runoja ja kuvaelmia) seuraavasti: ”En toivo muuta kuin mainetta. ...Mutta luulen, että siltä minua on varjeleva oman sukupuoleni asennoituminen ja että miehet tarkastelevat kirjaani ylenkatseellisesti hymyillen, koska he arvelevat naisen sen kautta liiaksi vaatineen osakseen heidän oikeuksiaan. Sillä he pitävät kirjoja kruunuinaan ja miekkaa valtikkanaan, ja näillä he hallitsevat ja vallitsevat.”

Oppinut ylimystönainen, herttuatar Margaret Cavendish kirjoitti vuosina 1653—71 kaikkiaan 14 kirjaa. Niissä hän käsitteli atomeja, ainetta ja sen liikettä, perhosia, koita, suurennuslaseja, kaukaisia maita ja äärettömyyttä. Margaret Cavendishilla ei ollut tukenaan johdonmukaista opillista kasvatusta, mutta uteliaisuutta ja älyllisen ihmettelyn kykyä sitäkin runsaammin.

Hän arveli aineen koostuvan erimuotoisista atomeista. Niistä jotkut olivat pyöreitä, jotkut neliskulmaisia, pitkulaisia tai piikikkäitä. Näin muodostuivat kasvit, kivet ja eläimet erilaisine ominaisuuksineen. Näin selittyivät kuumuus ja kylmyys, elämä ja kuolema.

Eräässä Margaret Cavendishin kirjassa naispuolinen Luonto kutsuu koolle neljän naisen neuvoston, jotta Liike, Muoto, Aine ja Elämä voisivat neuvoa sitä maailman luomisessa. Kuolema on heille kaikille perivihollinen, joka ei suostu noudattamaan Luonnon säättämiä lakeja, vaan hajottaa Muodon ja tuhoaa Aineen. Margaret Cavendish asettui filosofisissa kiistoissa kannattamaan itsestään tietoisien luonnon ideaa. Hänen mukaansa kaikki liike oli lähtöisin luonnosta itsestään, eikä mitään ”ensimmäistä alkusyytä” ollut olemassa, eihän aineeton voinut liikuttaa ainetta.

1600-luvulla käyttöön otettujen kaukoputken ja mikroskoopin ihmeet esitellään Cavendishin kirjoissa innostuneeseen sävyyn. Myöhemmissä kirjoituksissaan hän ei enää uskonut pelkän havaintojen teon kaikkivoipaana kykyyn selittää luonnon syy-yhteyksiä. Omasta pyynnöstään hän sai vierailla naisilta suljetun Kuninkaallisen seuran tiloissa. Siellä hänelle esiteltiin uusia tieteellisiä kohteita ja laitteita. Seuranjäseniksi ei otettu naisia, siksi Margaret Cavendish loi kirjassaan *The Blazing World* (Loimuava maailma, 1666) oman tieteellisen seuransa. ”En voi olla Henrik Viides enkä Kaarle II, silti himoan olla Margaret Ensimmäinen.” Kirjan haaksirikkoinen herttuatar nai

kaukaisen saaren keisarin. Margaret I perustaa kouluja ja yhdistyksiä. Häntä opettavat saarella asuvat ihmispedot. Karhu- ja lintuihmiset opettavat hänelle kokeellista filosofiaa ja tuovat hänen käyttöönsä teleskooppeja ja mikroskooppeja. Kala- ja matoihmiset vastaavat hänen kysymyksiinsä merestä ja maasta, apinaihmiset puolestaan ovat kemistejä, jotka tekevät selkoa aineiden muutoksista. Kettuihmiset ovat poliitikkoja, tai- ja hämähäkki-ihmiset matemaatikkoja.

Tämä Margaret Cavendishin saari, jolla hän hallitsi tieteen keisarinnaan, kuvasti ”valistuksen aikakauden” naisten opillista asemaa. Tiede alkoi hitaasti laitostua ja sen harjoitus siirtyä erilaisille tieteellisille seuroille ja



Naisten almanakan kansilehti vuodeksi 1738. Almanakassa julkaistiin mm. helppoja matemaattisia tehtäviä säätyläisrouvlen ajanvietteeksi.

yhdistyksille. Nämä alkoivat ottaa vastuulleen tieteellisen kirjallisuuden julkaisutoimintaa. ”Herrasmiesseurat” puuhailivat tieteellisten kokeilujen parissa aikana, jolloin joillakin yläluokan herroilla oli aikaa ja varaa kustantaa yhä kalliimmaksi käyvä harrastuksensa. Sitä mukaa kuin tieteestä tuli ammatti, jonka harjoittajien palveluksia tarvittiin yhä enemmän mitä erilaisimmilla elinkeinoelämän ja merenkulun aloilla, tieteenteko kävi vakavamielisemmäksi. Naiset jäivät syntymässä olevan tiedeyhteisön ulkopuolelle. Vain harvoilla ylimystönaisilla oli perheoljensa ansiosta mahdollisuus saada erityisoppia ja tavata aikansa huomattavia tiedemiehiä. Seuraavassa tarkastelemamme naiset olivat kaikki tällaisia ”poikkeuksia”. He olivat etuoikeutetussa asemassa aikana, jolloin porvariston ja käsityöläisperheiden tyttäret eivät saaneet juuri minkäänlaista opillista koulutusta, ja yläluokankin tyttörien enemmistö usein vain avioliiton solmimiseen tarvittavan kasvatuksen ompelutöineen ja hartaushetkinen.

Vaikka naisille ei ollut tarjolla erityistä opillista sivistystä, heistä alettiin 1700-luvulla tehdä yhä enemmän eräänlaista ”tieteen yleisöä”. Heitä varten alettiin laatia kansantajuista tieteellistä kirjallisuutta. Tämä kirjallisuus suunnattiin erityisesti porvarisluokan naisille sekä niille yläluokan naisille, joiden oli salonkikeskustelussa tunnettava uusimmat tieteelliset muotiaiheet. Francesco Algarottin 1733 ilmestyneessä kirjassa *Newtonin oppeja naisille* selvitetään kuuden oppitunnin jaksoina valon ja värien teoria sekä kotiloissa suoritettavia kokeita varten kaukoputkien ja mikroskooppien rakenne. Vuosina 1704—1841 Englannissa ilmestyi *The Ladies' Diary*, aikakauslehti, joka esitteli erilaisia matemaattisia ja tähtitieteellisiä tehtäviä lukijoidensa ratkaistavaksi. Tämä laajeneva tietoteollisuus suunnattiin Englannissa paitsi naisille myös nuorille ja jopa lapsille, niin tytöille kuin pojillekin. 1768 ilmestyneessä kirjassa *Helppo johdatus tähtitieteeseen nuoria herroja ja neitejä varten* yliopistoa käyvä opiskelijaveli kertoo sisarelleen uuden tieteen salaisuuksista tarkoituksenaan saada sisar hankkimaan itselleen oma kaukoputki. Kirjassa *Newtonin filosofinen järjestelmä nuorten herrojen ja neitien kykyjä varten sovellettuna* Tom Teleskooppi -niminen oppinut keskeyttää ”lilliputtikansan” villit leikit luennoimalla heille tähtitieteestä, luonnonhistoriasta, ilmanpainekeikeistä ja maantieteestä.

Näin luotiin ensimmäinen perusta 1800-luvulla tapahtuneelle naisten opillisten mahdollisuuksien laajentumiselle. On selvää, ettei tiedenaisten vähäinen lukumäärä ennen noita aikoja suinkaan johtunut naisten puutteellisesta kyvykkyydestä eikä myöskään pelkästään varhaisen tiedeyhteisön naisilta suljetusta luonteesta, vaan naisten yhteiskunnallisesta asemasta, jonka rajat olivat ahtaat ja joiden ylittäminen onnistui vain harvoilta.

Osa 1600—1800-lukujen tiedenaista oli lähinnä tiedon tulkitsijoita ja edelleen välittäjiä. Vain harvalla oli mahdollisuus tuoda tieteeseen jotain uutta ja omaperäistä. Jälkimmäisiin lukeutui englantilainen *Anne Finch*,

Conwayn varakreivitär (1631—79). Hän oli filosofi Henry Moren oppilas. Hänen kotinsa muodostui sen ajan sivistyneistön suosimaksi tapaamispaikaksi.

Anne Conway oli erityisen kiinnostunut hengentieteistä. Kun hollantilainen filosofi van Helmont saapui 1670 tapaamaan Henry Morea, aiottu vierailu venyi 8 vuoden pituiseksi. Van Helmont asettui Anne Conwayn luokse alkuperäisenä aikomuksenaan parantaa tämän ankara krooninen päänsärky. Yhdessä he syventyivät filosofiaan ja uskonasioiden pohdiskeluun. Molemmat kääntyivät 1677 kveekareiden uskonlahkon jäseniksi. Kveekareiden oppiin sisältyi käsitys ”sisäisestä valosta” ja ihmisten välisestä tasa-arvosta. Monet vaeltavista kveekarisaarnaajista olivat naisia.

Anne Conway kuoli vuonna 1679. Van Helmont puolestaan palasi manner-Eurooppaan. Vuonna 1696 hän tapasi Hannoverissa filosofi Leibnizin ja tutustutti tämän Anne Conwayn teokseen *The Principles of the Most Ancient and Modern Philosophy* (Vanhimman ja uudenaikaisimman filosofian periaatteet), joka oli julkaistu 1690. Koska naisen nimeä ei noina aikoina voinut painaa kirjan nimiösvulle, oli sen tilalla toimittajan, siis van Helmontin nimi. Myöhemmät tutkijat ovatkin erehtyneet pitämään kirjaa tämän kirjoittamana.

Tässä Anne Conwayn teoksessa esiintyy monadin, jakamattoman alkeisosasen, käsite jonka Leibniz esittää 1714 ilmestyneessä teoksessaan. Eräässä kirjeessään, joka on kirjoitettu hänen luettuaan Anne Conwayn kirjan, Leibniz sanoo: ”Filosofiset näkemykseni lähenevät suunnilleen edesmenneen Conwayn kreivittären näkemyksiä ja seuraavat Platonin ja Demokritoksen välistä keskitietä, sillä katson kaiken tapahtuvan mekaanisesti, kuten Demokritos ja Descartes esittävät, vastoin Henry Moren ja hänen seuraajiensa kantaa, ja toisaalta katson kaiken tapahtuvan elävän periaatteen ja alkusyiden mukaan. Kaikki on täynnä elämää ja tajuntaa, vastoin atomistien näkemyksiä.”

Anne Conwayn mielestä Descartes erehtyi pitäessään kappaleita pelkkänä kuolleena aineena. Hänen käsityksensä mukaan ainetta elähdyttävä henki on sekin ainetta, mutta on vain aineen eri aste. Luonto ei ole mekaaninen kone vaan elävä olento, jonka osana eläimillä on ”tieto, järki ja rakkaus sekä muita hengen ominaisuuksia ja lahjoja”. Näiden Conwayn varakreivittären luonnonfilosofisten mietelmien jälkeen ehti kulua pitkä aika, ennen kuin naisäänellä uskallettiin ottaa kantaa maailman sisintä olemusta koskeviin kysymyksiin.

Emilie du Châtelet, Newtonin kääntäjä ja Voltairen ystävätär

Ensimmäinen valtionkoulu yläluokan tyttärille perustettiin Ranskassa 1600-luvun puolella. Siellä opetettiin alkeistietoja joita nuorten avioavimien

arveltiin tarvitsevan. Aikakauden ilmapiiri suhtautui perin halveksivasti oppineisiin naisiin. Eräs ylimystönainen antoikin kanssasisarilleen neuvon, että naisten älylliset harrastukset oli syytä pitää miehiltä kokonaan piilossa. 1700-luvun valistusfilosofit väheksyivät kuorossa naisten tieteellisiä puuhia. Filosofi Rousseau väitti kaiken yleistämisen olevan naisen kykyjen ulottumattomissa.

Tällaisessa ilmapiirissä kasvoi *Gabrielle-Emilie Le Tonnelier du Breteuil* (1706—49), Ranskan hovin protokollapäällikön tytär. Nuori Emilie sai ajan oloihin nähden hyvän kasvatuksen. Hän sai oppia kieliä ja lukea klassista kirjallisuutta. Eräs perheystävä havaitsi Emilien matemaattiset taipumukset. Avioliiton Emilie solmi itselleen soveliaaksi katsomansa miehen, Châteletin markiisin, kanssa. Tämä antoi nuoren vaimonsa elää miten tahtoi. Markiisi oli rykmentinmajuri ja usein kuukausikaupalla poissa. Emilie synnytti hänelle kolme lasta ja keskittyi sitten täysin omiin harrastuksiinsa. Herttuattarena ja kuningattaren seurueen jäsenenä hän saattoi heittäytyä täysin rinnoin hovielämään tanssiaisineen ja uhkapeleineen.



Emilie du Châtelet (1706—1749) harrasti matematiikkaa ja fysiikkaa omaksi huvikseen. Kerrotaan että hänen tyttärensä laskettiin synnytyksen jälkeen geometriankirjan päälle.

Vuonna 1733 Emille du Châtelet aloitti pitkäaikaisen suhteen filosofi Voltairein kanssa. Tämä oli tavattoman suosittu, mutta jatkuvassa vaarassa joutua hovin epäsuosioon poliittisten kirjoitustensa vuoksi. Emilie ehdotti, että he Voltairein turvallisuuden ja työrauhan takaamiseksi muuttaisivat Châteletin perheen perintötilalle Cirey-sur-Blaiseen, Lorraineen. Täällä pariskunta saattoi rauhassa syventyä tieteellisiin harrastuksiinsa.

Emilie oli hyvin energinen nainen, joka saattoi työskennellä koko aamun ja sitten huvitella ystävien parissa iltapäivästä myöhään yöhön. Unta hän tarvitsi vain pari kolme tuntia. Voltaire kuvaa Emilietä seuraavasti: ”Emilie on totisesti jumalallinen ystävätär. Hänelle oli suotu kauneus, äly, myötätunto ja kaikki muut naiselliset lahjat. Mutta useinkin toivon hänen olevan vähemmän oppinut, hänen mielensä vähemmän terävä ja hänen ruokahalunsa rakkauden harjoittamisessa vähemmän ahnas, ja ennen kaikkea muuta toivon että hän saavuttaisi sekä kyvyn että halun pitää suunsa silloin tällöin kiinni.”

Näiden kahden oppineen, Emilie du Châteletin ja Voltairein, välillä vallitsi hyväntahtoinen keskinäinen kilpailu. Linnassa oli laboratorio, jossa tehtiin yhteisiä kokeita tulella. Ranskan tiedeakatemia oli julistanut 1738 kilpailun parhaasta tulta käsittelevästä kirjoituksesta. Voltaire päätti osallistua siihen. Hänen päätelmistään eri mieltä ollut Emilie lähetti erikseen Voltairelta salaa oman myöhästyneen kilpailutyönsä. Siinä hän esitti mm. että valo ja lämpö ovat liikkeen eri muotoja ja että erivärinen valo on erilämpöistä. Kumpikaan kilpailutyö ei voittanut, mutta molemmat painettiin voittaneiden kirjoitusten kanssa samaan kirjaan.

Vuonna 1740 ilmestyi Emilie du Châteletin kirjoittama fysiikan oppikirja *Institutions de physique* (Fysiikan kulmakivet). Hän oli ryhtynyt laatimaan oppikirjaa pojalleen. Tuorein tuolloin Ranskassa käytössä ollut fysiikan oppikirja oli kymmeniä vuosia vanha. Emilien kirjasta paisui yleisesitys 1700-luvun alun fysikaalisesta maailmankuvasta. Emilie du Châtelet tarkasteli siinä fysiikan käsitteitä ja niiden historiallista taustaa antiikin atomisteista alkaen. Hän ei pitänyt fysiikassa vallinneesta kahtiajaosta Newtonin ja Descartesin koulukuntiin, vaan totesi Newtonin tuominneen hypoteesit liian jyrkästi ja Descartesin puolestaan nojanneen liiaksi vaistoonsa.

Châteletin linnassa vieraili useita tunnettuja tiedemiehiä tapaamassa Emilietä ja Voltairea, mm. matemaatikko Koenig, tähtitieteilijä-geodeetti Maupertuis sekä matemaatikko Jean Bernoulli. Koenig riitaantui Emilien kanssa 1739 äärettömyyden käsitteestä ja tuotti tälle hankaluuksia väittämällä, että *Fysiikan peruskivissä* esitetyt ajatukset olisivat olleet häneltä lainattuja. Emilie pyysi hädissään Maupertuis'ta pelastamaan hänen kunniansa muistuttaen keskustelleensa kirjassa esitetyistä asioista tämän kanssa jo vuosia takaperin. Samainen Koenig esitti myöhemmin Berliinin tiedeakatemialle väärennykseksi osoittautuneen kirjeen Leibniziltä, jonka avulla hän yritti vilpillisesti saavuttaa hyötyä.

PRINCIPES MATHEMATIQUES

DE LA

PHILOSOPHIE NATURELLE,

Par feue Madame la Marquise du CHASTELLET.

TOME PREMIER.



A PARIS,

DESAINT & SAILLANT, rue S. Jean de Beauvais.
 LAMBERT, rue & à côté de la Comédie Française,
 au Parnasse.



PRÉFACE HISTORIQUE

CETTE traduction que les plus sçavans Hommes de France devoient faire, & que les autres doivent étudier, une femme l'a entreprise & achevée à l'étonnement & à la gloire de son pays. Gabrielle-Emilie de Breteuil, Marquise du Châtelet, est l'Auteur de cette Traduction, devenue nécessaire à tous



HISTORICAL PREFACE

This translation which the most learned Men of France should have done, and which others should study, a woman has undertaken and achieved to the astonishment and to the glory of her country. Gabrielle-Emilie de Breteuil, Marquise du Châtelet, is the author.

Nimiösi vu Emilie du Châteletin tekemästä Newtonin "Principian" ranskannoksesta. Sivun alalaidasta alkaa Voltaire'n lausuma.

Voltaire ja Maupertuis'n kunnianhimoisena tavoitteena oli uudistaa Descartesin ajatusten hallitsemaa Ranskan tiedettä tekemällä tunnetuksi Newtonin fysiikkaa. Voltairen mielestä Newtonin pääteos, Englannissa jo 1687 ilmestynyt *Principia*, olisi mitä pikimmin saatettava ranskankielisen lukijakunnan käsiin. *Principia* lienee kaikkein raskaslukuisimpia tieteen historian tuntemia luonnontieteen suurteoksia. Voltaire arveli Emilie du Châteletin kykyjen vastaavan näin vaativaa käännöstyötä.

Emilie ei pelkästään kääntänyt kirjaa ranskaksi, vaan liitti siihen omia selityksiään ja lisäyksiään. Hän ehti saada valmiiksi varsinaisen käännöksen lisäksi matemaattisia analyyseja *Principian* 3. kirjaan sekä tarkastelulta 3. kertaluvun käyrien ominaisuuksista. Noihin aikoihin dynamiikan perusteita vasta rakennettiin, niinpä monet käsitteet joita olemme tottuneet pitämään itsestään selvinä, olivat lukijoille aivan uusia ja outoja. *Principian* kaltaisen vaikean ”uutta fysiikkaa” sisältävän kirjan käännöstyö vaati todellista perehtyneisyyttä esitettävään asiaan. Vuonna 1759, Emilien kuoleman jälkeen ilmestynyt käännös on *Principian* ainoa, yleisesti korkeatasoisena pidetty ranskannos.

Emiliellä oli 1748 suhde nuoren markiisi Saint-Lambertin kanssa. Tämä lienee ollut melko vähäpätöinen ruonilija. Emilie tuli raskaaksi mutta jatkoi siitä huolimatta työtään aamuyhdeksästä iltakymmeneen. Synnytys tapahtui syyskuussa 1749 markiisittaren tehdessä työpöytänsä ääressä eräisiin Newtonin teorioihin liittyviä laskelmiaan. Vastasyntynyt asetettiin väliaikaisesti isokokaisen geometrian kirjan päälle Emilien kootessa kaikessa rauhassa paperinsa ennen kuin hänet vietiin sänkyyn lepäämään. Synnytyksen jälkeisenä toipilasaikana aviomies, rakastaja sekä Voltaire pitivät kaikki Emilielle seuraa. Muutaman päivän kuluttua terveeltä näyttänyt Emilie yllättäen lyhyesti lattialle myöhään iltapäivällä. Hänet todettiin kuolleeksi. Vastasyntynyt tytär kuoli joitakin päiviä myöhemmin. Ranskan vallankumouksessa mestattiin Emilie de Châteletin ainoa elossa ollut jälkeläinen, tyttärenpoika. Emilien suku sammui, vain hänen tieteellinen työnsä säilyi.

Kirjoituksessaan *Onnesta* (Discours sur le Bouheur) Emilie du Châtelet puolusti ihmisen oikeutta toteuttaa kaikki nautintoaan edistävät toiveensa. Tätä oppiaan tämä erikoislaatuinen nainen seurasi uskollisesti niin yksityiselämässään kuin tieteellisessä työskentelyssäänkin.

Italian naisprofessoreita ja ”Agnesin noita”

Tuskin koskaan on tiedenainen väitellyt tohtoriksi yhtä komeasti kuin bolognalainen fyysikko *Laura Maria Caterina Bassi* (1711–78). ”Hetken sankaritar, puettuna mustiin, ohjattiin suureen saliin kahden yliopiston pedellin ja kahden Bolognan aateliston huomattavimman rouvashenkilön jäljessä. Hänet asetettiin istumaan yliopiston kanslerin ja rehtorin väliin, joiden sivuilla istuivat laitoksen professorit ja virkamiehet.” Tilaisuudessa oli läsnä suuri väkijoukko seuraamassa miten Laura Bassi selviäisi, heidän joukossaan Bolognassa vieraileva ranskalainen kardinaali Polignac. Sali oli upeasti koristettu, vieläkin loisteliaammin kuin senaatin suuri sali. Vastahakoista, vain 21-vuotiaasta Lauraa oli ensi kerran kuukautta aikaisemmin kuulusteltu viiden johtavan oppineen toimesta. Tällöin yliopiston sali oli osoittautunut liian pieneksi innostuneelle yleisölle. Onnittelijoiden joukossa oli eksakteista tieteistä kiinnostunut kardinaali Lambertini, myöhemmin paavi Benedikt XIV.

Laura Bassi sai kokea vielä kolmannenkin kansanjuhlaaksi muodostuneen kuulustelutilaisuuden, jonka tuloksena hänet nimitettiin Bolognan yliopiston fysiikan oppituolin haltijaksi. Tämä oli ensimmäinen naiselle myönnetty fysiikan professuuri. Laura Bassi osoitti virassaan melkoisia opettajankykyjä. Sen sijaan

häneltä on jäänyt niukasti julkaisuja, mm. kaksi dissertaatiota mekaniikan ja hydrometrian alalta.

Jo aiemmin mainittu ranskalainen filosofi Voltaire myötävaikutti siihen, että Laura Bassi valittiin Bolognan tiedeakatemian jäseneksi. Avioliitostaan lääketieteen professori Verattin kanssa hänellä oli 12 lasta. Nämä eivät ilmeisesti estäneet äitinsä virantoimitusta. Bolognan senaatti lyötti kaupungin oppineen tyttären kunniaksi mitalin, jonka toista puolta koristi Minervan kuva.

Yliopistot olivat olleet Italiassa keskiajan lopulta lähtien avoimna yläluokan naisille. Vaikka naisten yleinen koulutustilanne oli yhtä kurja kuin muualla Euroopassa, tunnetaan 1500—1700-luvulta useita oppineita italialaisnaisia. Heistä jotkut saavuttivat akateemisia oppiarvoja ja virkoja. Heidän tieteellisestä työstään tiedetään melko vähän. Italialaisen Galvanin 1700-luvulla sammakonreisillä suorittamat sähköopilliset kokeet kiehtoivat monia naisia, jotka suhteellisen helposti saattoivat lähiympäristössään tehdä havaintoja sähköilmiöistä. Galvanin huomion sammankonreisien sähköisiin sätkyttelyihin lienee ensimmäisenä kiinnittänyt hänen vaimonsa *Lucia Galeatti*. Elävien ruumiiden sähköilmiöitä tarkasteli *Theda Felicitas du Fay* kirjassaan *Fluidum nerveum est fluidum electricum* (1770). Kääntäjä ja sähköilmiöitäkin tarkastellut kommentaattori *Maria Angela Ardinghelli* puolestaan kirjoitti 1767 kuvauksen Vesuviuksen purkauksesta.

Tunnetuin näistä italialaisista tiedenaisista lienee milanolainen matemaatikko *Maria Gaetana Agnesi* (1718—99). Hän oli vanhin Bolognan yliopiston matematiikan professori Dom Pietro Agnesi Mariamin kaikkiaan 21 lapsesta. Esikoistytär joutui kunnianhimoisen isänsä erityishuomion kohteeksi. Mariaa kasvatettiin huolellisesti, niin että hän jo viisivuotiaana puhui ranskaa, teini-ikäisenä latinaa, kreikkaa, hepreaa sekä nykykieliä.

Marian nuoruusvuodet kuluivat jatkuvan itseopiskelun ja pikkuveljien opettamisen parissa. Matematiikan ja fysiikan luvuissaan hän tunsi johtavien oppineiden, Newtonin, Leibnizin, Fermatin, Descartesin, Eulerin ja Bernoullin veljesten työn. Dom Pietro järjesti tieteellisiä kotikutsuja, joissa vanhin tytär sai emännöidä sillä välin kun yksi nuoremmista sisarista soitti vieraille omia sävellyksiään harpulla. Maria ei lainkaan pitänyt näistä tilaisuuksista, joissa innostunut vierasjoukko saattoi istua kehässä hänen ympärillään kysymyksiä huudellen. Äidin kuoltua 20-vuotias Maria kieltäytyi enää osallistumasta kutsuille. Hän pyysi päästä luostariin, missä hän toivoi



Italialainen Maria Gaetana Agnesi (1718— 1799) oli vasten tahtoaan melko huomattava matemaatikko, jonka differentiaali- ja integraalilaskennan oppikirjaa käytettiin laajalti.

voivansa työskennellä köyhien parissa. Isälle tämä ajatus ei ollut ensinkään mieleen. Maria sai edelleen jakaa aikansa taloudenhoidon, nuorempien sisarusten kasvatuksen ja matematiikan välillä.

Vuonna 1738 tuolloin 20-vuotias Maria Agnesi julkaisi esseekokoelman filosofiasta ja luonnontieteistä. Tällöin hän oli jo aloittanut 1748 ilmestyneen *Analyttiset peruskivet* -nimisen kaksiosaisen matematiikan oppikirjan kirjoittamisen. Aluksi hän laati sitä omaksi huvikseen ja oppikirjaksi veljilleen, mutta vähitellen työ laajeni ja vei yhä enemmän aikaa. Kerrotaan, että Maria saattoi koko päivän jotakin ongelmaa pohdittuaan mennä nukkumaan, sitten nousta yöllä unissakulkijan tavoin ja kirjoittaa mieltään vaivanneen tehtävän valmiin ratkaisun paperille.

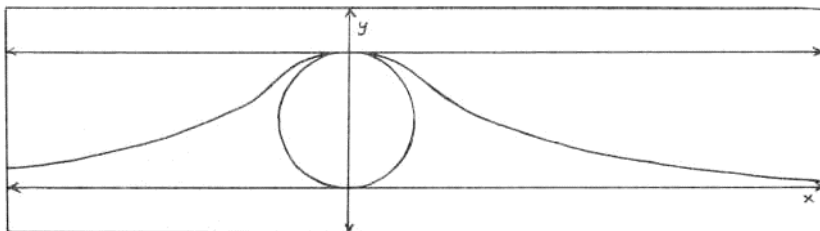
Maria Agnesin *Analyttiset peruskivet* oli yksi tärkeistä varhaisista differentiaali- ja integraalilaskennan oppikirjoista. Se käännettiin sekä ranskaksi että englanniksi ja sitä käytettiin oppikirjana varsin laajalti. Maria tunsu kielitaitons ansiosta tuolloin vielä hajallaan olleet lähteet, sekä Newtonin ”fluksiolaskennan” että Leibnizin differentiaalimenetelmän, ja ymmärsi niiden yhtäläisyydet. Hän lisäsi käsittelemiinsä teorioihin omia menetelmiään ja yleistyksiään. Ranskan akatemian varta vasten asettama komitea tarkasteli

kirjaa suotuisaan sävyyn. Komitean edustaja kirjoitti: ”Thailen erityisesti tapaa jolla kokoatte yhtenäisen metodin suojiin sekalaiset johtopäätökset, joita on siroteltu sinne tänne geometrien töihin ja jotka on saatu mitä erilaisimmin keinoin.” Tästä keuhvasta lausunnosta huolimatta Mariaa ei valittu Ranskan akatemiaan, koska naisia ei ylipäätään otettu akatemian jäseniksi.

Kirjan neljästä jaksosta ensimmäinen käsittelee äärellisten suureiden analyysia, kalliroleikkauksia, käyrien maksimeita, minimeitä, tangenteja ja kääntöpeiteitä. Toisessa jaksossa esitetään äärettömän pienten suureiden (fluksioiden ja differenssien) teoria. Kolmas jakso käsittelee integraaleja, tavallisimpia integrointisääntöjä sekä funktioiden sarjakehitelmiä. Viimeisessä osassa käsitellään ”tangenttien käännösmetodi” sekä tavallisimmat differentiaaliyhtälöt. Tämän varsin nykyaikaiselta kuulostavan oppikirjan syrjäytti äärellisten ja äärettömän pienten suureiden analyysissa myöhemmin 1700-luvulla tunnetun matemaatikon Eulerin teos.

Kun Cambridgen yliopiston matematiikan professori John Colson käänsi Maria Agnesin oppikirjan englanniksi 1800-luvun alussa, hän teki hupaisan käännösvirheen. Erästä käyrää esittelevässä kohdassa esiintyy sana *a versiera* (lat. *vertere*, kääntyä), jonka Colson sekoitti ilmaisuun *avversiera* (”paholaisen muja”), ja näin syntyi käsite *witch of Agnesi*, Agnesin noita. Tällä nimellä tunnetuksi tullutta käyrää $xy^2 = a^2(a-x)$ tarkasteli jo Fermat 1665 sekä myöhemmin italialainen Guido Grandi.

Maria Agnesi valittiin Laura Bassin tavoin Bolognan tiedeakatemiaan jäseneksi. Matematiikan edistämisestä kiinnostuneen paavi Benedikt XIV:n vaikutuksesta hänet kutsuttiin kunnialuennoitsijaksi Bolognan yliopistoon. Ei ole selvää, hyväksyikö Maria Agnesi tämän nimityksen, kuten monet — heidän joukossaan Laura Bassi — kehottivat häntä tekemään, tai pitikö hän virassaan yhtäkään luentoa. Hänen nimensä mainitaan Bolognan yliopiston luetteloissa vielä 1796. Mainitaan hänen myös toimineen matematiikan ja luonnonfilosofian professorina 1750—52, mutta on arveltu hänen hoitaneen virkaa vain sairaan isänsä sijaisena. Dom Pietro kuoli 1752. Sisärukkaset olivat



”Agnesin noitana” tunnettu käyrä $x^2y=4a^2(2a-y)$ sai nimensä englantilaisen matemaatikon käännösvirheestä.

kasvaneet, joten Maria Agnesi saattoi vihdoin itse päättää elämänsä suunnasta. Hän vetäytyi täydellisesti syrjään eikä enää työskennellyt lainkaan matematiikan parissa. Kun Torinon yliopisto tiedusteli vuonna 1762 hänen mielipidettään Lagrangen uudesta variaatiolaskennasta, Maria vastasi, ettei moinen enää kiinnostanut häntä.

Maria Agnesin elämän myöhemmät vaiheet ovat jääneet jonkin verran hämäräksi. Pidetään melko varmana, että hän vietti koko loppuelämänsä köyhien parissa jakaen huomionsa Maggioren sairaalan ja San Nazaron seurakunnan köyhien kesken. Hän ei piitannut sen enempää vaatteista kuin koruistakaan, vaan myi kaikki jalokivensä, mm. Itävalta-Unkarin keisarinnan Maria Teresian lahjoittaman timanttisormuksen ja timantein ja kallein kivin koristellun kristallirasian. Kodistaan hän teki turvasuojan avuttomille ja sairaille, hylätyille naisille, köyhille ja vanhuksille.

Oman sairaalan ohella Maria Agnesi hoiti arkipiispan pyynnöstä 1771 perustettua sairaskotia. Kun kahden työn hoitaminen kävi liian raskaaksi, Maria muutti 1783 sairaskodin maksavaksi asukkaaksi, jotta ei veisi paikkaa keneltäkään sitä tarvitsevalta. Hän oli kuolemaansa saakka ”lohdutuksen enkeli sairaille ja kuoleville naisille”. Maria Agnesi, entinen matematiikan professori ja Bolognan akatemian jäsen, haudattiin 81-vuotiaana yhteishautaan sairaskodin köyhien vanhusten kanssa.

Sophie Germain ja miksi hänen nimeään ei kaiverrettu Eiffel-torniin

Ranskan vallankumous mullisti 1789 koko yhteiskunnallisen ylärakenteen. Vanhan aateliston korvasi uusi porvaristo. Näiltä ajoilta, jolloin Emilie du Châteletin tyttärenpojan pää putosi mestauslavalla, kerrotaan tuolloin 13-vuotiaasta *Sophie Germainista* seuraavaa tarinaa. Vallankumouksen tehtyä kadut turvattomiksi parempien perheiden tyttärien kulkea nuori Sophie joutui olemaan viikkokausia sisälle suljettuna. Ikävystynyt tyttö etsiytyi isänsä kirjastoon, jossa hänen käsiinsä osui J. E. Montucian teos *Matematiikan historia*. Siinä oli kertomus Arkhimedeeseen kuolemasta. Geometrisiin tutkimuksiin syventynyt filosofi ei antanut vihamielisen sotilaan irrottaa huomiotaan käsillä olevasta tehtävästä vaan pyysi: ”Älä sekoita ympyröitäni”, jolloin kiivastunut soturi keihästi hänet. Jos matematiikka voi siinä määrin kiehtoa ihmistä, siinä täytyy olla jotakin erityisen puoleensa vetävää, päätteli Sophie. Nuori neitonen innostui lukemaan kaikkea mikä suinkin liittyi matematiikkaan.

Perhe vastusti jyrkästi tyttären harrastuksia. Näihin aikoihin oli vallalla uskomus, ettei älyllinen työ sopinut naisille, vaan saattoi vaarantaa sekä ruumiin että sielun terveyden. Sophieta yritettiin vierottaa matemaattisista puuhailuistaan, joita tämä oli ryhtynyt harjoittamaan öisin muilta salaa. Häneltä takavarikoitiin iltaisin kynttilät, lämmityslaitteet sekä vaatteet, jotta

hän varmasti pysyisi vuoteessa ja nukkuisi. Sophie oli kuitenkin piilottanut kynttilöitä varmaan paikkaan ja jatkoi työskentelyä peitteisiin kääriytyneenä koko yön. Eräänä aamuna hänet löydettiin nukkumasta istualtaan, edessään laskelmin täytetty paperiarkki. Sen kirjoittamiseen käytetty muste oli jäänyt pulloon. Perheen ei auttanut muu kuin suostua siihen, että Sophie saisi omin päin opiskella differentiaali- ja integraalilaskentaa.

Sophien ollessa 18-vuotias Pariisissa avattiin teknillinen korkeakoulu. Naiset eivät saaneet osallistua luentoihin, mutta luentomuistiinpanojen hankkiminen ei tuottanut määrätietoiselle Sophielle suuriakaan vaikeuksia. Häntä olivat erityisesti kiinnostaneet matemaatikko Lagrangen luennot analyysistä. Ajan tavan mukaan opiskelijat saivat kurssin päätyttyä jättää luennoitsijalle kirjallisen raportin. Näin teki myös ”herra le Blanc”, minkä salanimen Sophie oli valinnut salatakseen sukupuolensa. Lagrange kiinnostui Sophien kirjoituksesta siinä määrin että meni henkilökohtaisesti häntä tapaamaan.



***Sophie Germain, matemaatikko ja
kimmoisten värähtelyjen tutkija.***

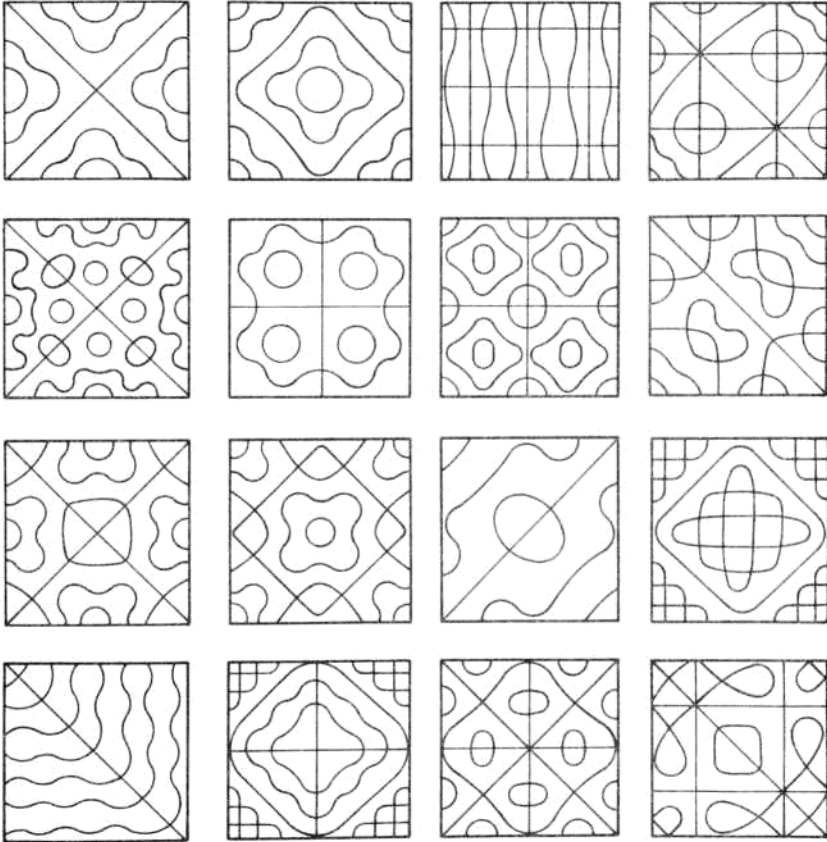
”Herra le Blancin” paljastuminen nuoreksi tytöksi ei häntä häirinnyt, vaan hän esitteli Sophien auliisti muille sen ajan huomattaville ranskalaisille tiedemiehille.

Vuonna 1801 oli ilmestynyt merkittävän saksalaisen matemaatikon J. C. F. Gaussin teos *Disquisitiones arithmeticae*, joka käsitteli lukuteoriaa. Tämä vaikea teos kiehtoi Sophieta. 1804 hän lähetti Gaussille omia laskelmiaan ”herra le Blancin” nimellä. Tästä alkoi Gaussin ja Sophie Germainin välinen laaja kirjeenvaihto. Gaussilla ei ollut aavistustakaan kirjeenvaihtotoverinsa sukupuolesta, ennen kuin se paljastui vahingossa. Sophie oli näet ollut huolissaan Gaussin kohtalosta Napoleonin joukkojen piirittäessä Breslauta 1806. Hänen pyynnöstään eräs kenraali otti selvää Gaussin hyvinvoinnista. Gaussilla ei ollut mitään hätää, mutta kenraalia hämmästytti matemaatikon väite, ettei hän tuntenut ketään neiti Germainia. Sekaannuksen selvittyä Gauss kirjoitti Sophielle:

”Millainen olikaan hämmästykseni kun kunnioitettu kirjeenvaihtotoverini herra le Blanc muuntautui täksi maineikkaaksi henkilöksi, joka on niin loistava esimerkki siitä mitä minun on vaikea uskoa. Taipumus abstrakteihin tieteisiin yleensä ja lukujen salaisuuksiin erityisesti on erittäin harvinainen; se ei hämmästyttä ketään. Tämän hienovaraisen tieteen sulot paljastuvat vain niille jotka todella rohkenevat siihen syventyä. Mutta kun henkilö, joka edustaa sitä sukupuolta jonka on tapojemme ja ennakkoluulojemme vuoksi kohdattava äärettömän paljon lukuisammin vaikeuksia kuin miesten tutustuakseen näihin visaisiin tutkimuksiin, siitä huolimatta onnistuu ylittämään nämä esteet ja tunkeutumaan niiden hämärimpiin osiin, silloin hänet on epäilemättä varustettu mitä jaloimmalla uskalluksella ja aivan poikkeuksellisilla lahjoilla sekä ylivoimaisella neroudella. Todellakin, mikään ei olisi voinut osoittaa minulle imartelevammalla ja selkeämmällä tavalla, etteivät elämäni niin monin iloin rikastuttaneet tieteen houkutukset ole houretta, kuin se mieltymys, jolla te olette sitä kunnioittanut.”

Gauss ja Sophie eivät koskaan tavanneet, mutta he jatkoivat kirjeenvaihtoaan Sophien kuolemaan asti. 1807 Gauss antoi seuraavan lausunnon Sophien tieteellisestä työstä: ”Lagrange on lämpimästi kiinnostunut tähtitieteestä ja korkeammasta aritmetiikasta; kahta testiteoreemaa (mille alkuluvuille luku 2 on kuutiollinen tai kaksoiskvadraattinen jäännös [ts. $x^3 = 2 \pmod{p}$ ja $x^4 = \pmod{p}$ eli on löydettävä luku x siten että kun x^3 tai x^4 jaetaan jaottomalla 1. alkuluvulla p , jakojäännös on 2]), jotka välitin hänelle vähän aikaa sitten, hän pitää ’eräinä kauneimmista ja vaikeimmin todistettavista’. Mutta Sophie Germain on lähettänyt minulle näiden todistukset. En ole vielä ehtinyt niitä tarkistaa, mutta uskon niiden olevan hyviä. Ainakin hän on käynyt asiaan käsiksi oikeasta lähtökohdasta, vain hieman hajanaisemmin kuin olisi tarpeen.”

Sophien parhaiten tunnettu matemaattinen työ liittyy Fermat’n kuuluisaan



Chladnin tasovärihdyskuvioita. Ne saatiin aikaan sirottamalla hiekkaa ohuille levyille jotka saatettiin värähtelemään. Kuva Mary Somervillen teoksesta "Connection of the Physical Sciences".

ns. viimeiseen teoreemaan. Varsinaista teoreemaa kokonaisuudessaan ei kukaan ole onnistunut ponnistuksista huolimatta todistamaan, vaikka osittaisratkaisuja onkin saatu aikaan runsaasti. Sophien tulos oli yksi tällainen osaratkaisu.

Pariisissa vieraili 1800-luvun alussa saksalainen Ernst Chladni esittelemässä kokeitaan. Hän ripotteli kimmoisalle lasi- tai metallilevyille hiekkaa ja pani sitten hiekoitetun kalvon värähtelemään. Kalvon pinnalle syntyi tällöin erilaisia kuvioita hiekan kerääntyessä paikallaan pysyviin ns. solmu viivoihin.

Ilmiö kiehtoi ranskalaisia siinä määrin että Ranskan tiedeakatemia tarjosi 3 000 frangin palkinnon sille, joka laatisi parhaiten havaittuja värähtelykuvioita (ns. Chladnin värähdyskuvioita) vastaavan ratkaisun.

Tällaiset palkintokilpailut olivat varsinkin 1800-luvulla varsin suosittu tapa tehdä tiedettä. Matemaatikot olivat kuitenkin varsin haluttomia tarttumaan tähän nimenomaiseen ongelmaan. Yksiulotteisen värähtelyn matematiikka tunnettiin varsin hyvin, mutta kaksiulotteinen värähtely oli matemaattisilta vaikeuksiltaan aivan toista luokkaa. Sophie Germain oli ainoa kilpailija. Ei ole varmaa ymmärsikö hän kilpaan ryhtyessään, miten vaativasta tehtävästä oli kysymys. Hän teki useita ratkaisuyrityksiä. Ensimmäisellä kerralla Lagrange totesi, ettei ratkaisussa löydetty siirtymämenetelmä suorasta pintaan ollut tarkka sen enempää kuin täydellinenkään, ja niin ratkaisu hylättiin. Sophien uusi yritys sai kunniamaininnan. Lopulta 1816 laadittu ratkaisu *Kimmoisten levyjen värähtelyistä* palkittiin. Ratkaisussa oli käytetty 4. kertaluvun osittaisdifferentiaaliyhtälöitä. Sophie myönsi itsekin, ettei teoria täysin vastannut havaintoja. Tuloksia kritisoitiin aika lailla.

Sophie Germainin tuoreen elämäkerran kirjoittajat ovat kuitenkin väittäneet, että osa vastustuksesta liittyi senaikaisiin koulukuntakiistoihin. Sophie oli ratkaissut tehtävän variaatiolaskennan avulla ilman erityisiä oletuksia ilmiön taustalla olevista fysikaalisista mekanismeista. Tämä ärsytti niitä tiedemiehiä, jotka pyrkivät selittämään kaikki maanpäälliset ilmiöt lyhyen kantaman voimien avulla. Näistä riitasoinnuista huolimatta Sophien kunniaksi järjestettiin asiaankuuluvat seremoniat. Institut de France juhli häntä muuten naisilta suljetussa istunnossaan ja kutsui hänet kuuntelemaan instituutissa pidettäviä luentoja, mikä oli todella harvinainen kunnia naiselle.

Sophie Germain teki muitakin töitä kimmoteorian alalta. Hän tarkasteli mm. kimmoisen pinnan luonnetta, rajoja ja kokoa, ratkaisumenetelmien periaatteita sekä pinnan keskikaarevuutta. Viimeksi mainitun kohdalla hän ei tunnu ymmärtäneen Gaussin keksimän menetelmän etuja omaansa nähden. Gauss suositteli Sophielle kunniatohtorin arvoa Göttingenin yliopistossa. Tämä ehti kuitenkin menehtyä rintasyöpään kesäkuussa 1831 ennen arvon myöntämistä. Kuolintodistukseen merkittiin Sophien ammatiksi ”koroillaan eläjä” matemaatikon sijasta.

Kun Eiffel-tomi pystytettiin, sen metallirunkoon kaiverrettiin 72 tiedemiehen nimet. Sophie Germainin nimeä ei niiden joukosta löydy huolimatta siitä, että tornia pystyttäneiden insinöörien oli ollut tunnettava metallin kimmo-ominaisuudet. Historioitsija J. H. Mozans, joka arveli laiminlyönnin johtuneen Sophien sukupuolesta, kirjoitti 1913: ”Jos näin todella on, sen suurempi niiden häpeä, jotka syyllistyivät moiseen kiittämättömyyteen häntä kohtaan, joka ansaitsisi tieteeltä hyvin paljon ja joka saavutuksillaan oli voittanut kadehdittavan paikan maineen saleissa.”

Sophie Germainin vähemmän tunnettu maannainen ja aikalainen *Marie Lavoisier* (o.s. Paulze, 1758—1836), vallankumouksessa mestatun kemisti Antoine Lavoisier’n vaimo, ansaitsee tulla mainituksi tässä. Hän työskenteli koko 23-vuotisen avioliiton ajan miehensä laboratoriossa. Lavoisier’n saavu-

tuksiin kuului ennen kaikkea laki aineen säilymisestä kemiallisessa reaktiossa. Lavoisier’ta voidaan myös pitää hapen luonteen yhtenä selvittäjänä ja sanan *oxygene* (happi) luoja ja kemiallisen perustan kehittäjänä. Marie opiskeli kieliä voidakseen kääntää miestään varten mm. englantilaisten tutkijoiden teoksia. Hän opiskeli taidetta maalari Davidin johdolla kuvittaakseen miehensä *Traite du chimie* -teoksen. Kun Marien isä ja mies mestattiin giljotiinilla, hän omistautui miehensä tieteellisen perinnön vaalimiseen. Hän toimitti ja painatti tämän tutkimuksia sisältävän teoksen *Memoires de chimie* ja lähetti sen kappaleita ilmaiseksi tuntemilleen tiedemiehille. Marie Lavoisier piti Pariisissa salonkia, jossa ajan huomattavat tiedemiehet kokoontuivat.

Mary Somervillen kotimatematiikka

Englantilainen *Mary Somerville* (1780—1872) oli 1800-luvun tunnetuimpia tieteen kansanomaistajia. Hän kirjoitti opiskelijoita varten yksinkertaistetun englanninkielisen version ranskalaisen tähtitieteilijän Laplacen suurteoksesta *Mecanique celeste* (Taivaanmekaniikka). Sen lisäksi hän kirjoitti kaksi useina ajanmukaistettuna painoksina laajalle levinnyttä teosta *On the connection of the physical sciences* (Fysikaalisten tieteiden yhteydestä, 1834) sekä *Physical Geography* (Fysikaalinen maantiede, 1848).

Edellisestä teoksesta otettiin kaikkiaan kymmenen painosta, minkä lisäksi se käännettiin italiaksi ja saksaksi. Eräs amerikkalainen kustantamo julkaisi siitä oman laitoksen ilman tekijän lupaa. Tämä kirja määritteli pitkäksi aikaa eteenpäin, mitä fysikaalisilla tieteillä tarkoitettiin. Se käsittelee mm. aineen teoriaa, dynamiikkaa, äänioppia, optiikkaa, sähköoppia ja magnetismia, ilmasto-oppia sekä tähtien ominaisuuksia. Aikana, jolloin energian säilymisperiaatetta ei vielä ollut muotoiltu, Mary Somerville korosti erilaisten muuntumis- (konversio-) prosessien yhteyksiä. Kirjan kuudenteen painokseen hän liitti ajankohtaisia huomioita Uranuksen rataliikkeen epäsäännöllisyyksistä ja siitä että nämä mahdollisesti johtuivat vielä tuntemattoman planeetan vaikutuksesta ”joka kiertää Aurinkoa planeettajärjestelmämme nykyisten rajojen ulkopuolella”. Cambridgessa työskennellyt nuori matemaatikko John Couch Adams sanoi saaneensa juuri Somervillen kirjaa lukiessaan virikkeen ratalaskelmille, jotka osaltaan johtivat planeetta Neptunuksen löytymiseen vuonna 1846.

Fysikaalinen maantiede lienee Mary Somervillen kirjoista luetuin. Sitä käytettiin lukemistona kouluissa koko englantia puhuvassa maailmassa. Somerville sai kehotuksen sen kirjoittamiseen tähtitieteilijä John Herscheliltä. Somervillen käsikirjoituksen ollessa vielä kesken ilmestyi saksalaisen Alexander von Humboldin suurteos *Kosmos*. Mary olisi halunnut jättää oman kirjansa sikseen. Tuttavat painostivat häntä kuitenkin julkaisemaan sen. Kirja oli ensimmäinen kansantajuinen yleisesitys laajasta tieteiden

kokonaisuudesta, johon kuuluivat maapallon orgaaniset ja epäorgaaniset tieteet — geologia, kartoitus, vesistöjen tutkimus, valtameri tiede sekä kasvi- ja eläinmaantiede. Kirja lieenee ollut ensimmäisiä teoksia, joissa energian säilymisen periaatetta sovellettiin maanpinnan imemän ja pois säteilemän lämmön määrään.



Mary Somerville (1780—1872) oli 1800-luvun huomattavimpia tieteen popularisoijia.

Mary Somervillen elämän alkuvuodet eivät olleet ensinkään suotuisia hänen tieteellisten kykyjensä kehittämiseksi. Hän vietti lapsuutensa kymmenen ensimmäistä vuotta ”villi-ihmisen tilassa”. Kun Maryn isä lordi Fairfax, brittiläisen laivaston vara-amiraali, palasi kotiin meriltä, hän kauhistui havaitessaan että tytär osasi tuskin lukea. Nämä huolettomat Skotlannin maaseudulla vietetyt vuodet jättivät jälkensä Maryn maailmankuvaan. Kuolinvuonnaan 1872 Italiassa hän muisteli lapsuuttaan seuraavasti:

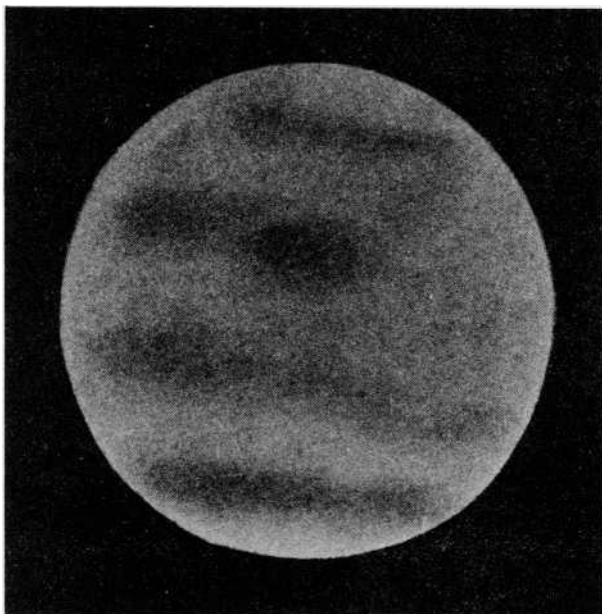
”En koskaan välittänyt nukeista eikä minulla ollut leikkiveriteitä. Huvitin itseäni puutarhassa, jossa linnut viihtyivät. Tunsin niistä useimmat, niiden lennon ja niiden tavat... Ruokimme lintuja maan ollessa lumen peitossa, ja avasimme ikkunamme aamiaisaikaan päästääksemme sisään punarintasatakielet, jotka hyppivät pöydällä murusia kerjäten. Laululintuja oli melkoinen määrä, sillä maanviljelijät ja puutarhurit olivat vähemmän julmia ja säälimättömiä kuin nykyisin. He sallivat somien pikku sirkuttajiemme ottaa osansa luojaan suomista antimista. Tämä nytemmin aivan liian yleinen lyhytnäköinen julmuus saa rangaistuksensa, sillä lintujen säälimättömyydestä tuhoamisesta johtuen luonnon tasapaino häiriintyy, hyönteiset lisääntyvät siinä määrin että ne heikentävät kaikenlaisen sadon määrää ja laatua. Tänä kesänä ollessani Sorrentossa jopa oliivit, viinirypäleet ja appelsiinit olivat heinäsiirakkojen vakavasti vaurioittamia — onnettomuus, jonka luen yksinomaan kaikenlaisten lintujen keskuudessa aikaansaadun tuhon syyksi.”

Isä piti huolen siitä, että kymmenvuotias ”villi-ihminen” sijoitettiin muodikkaaseen tyttöjen sisäoppilaitokseen. Mary vietti neiti Primrosen laitoksessa vuoden, jonka aikana hän oppi lukemaan ja kirjoittamaan. Hän piti myöhemmin kouluaikaansa kauhistuttavana. Kuri oli hyvin tiukka, opetus lähinnä ulkolukua. Maryn oli käytettävä rautavantein varustettuja vaatteita, jotka puristivat lapaluut takaa yhteen ja tukivat leuan sotilaallisesti pystyyn. Tällaisessa asennossa vapauteen tottuneen nuoren tytön oli tehtävä ikävät läksynsä. Hänen palattuaan kotiin oli perhe tyytymätön hänen riittämättömään ompelutaitoonsa, ja niin Mary joutui ompelukouluun. Hän tunsi itsensä ikävystyneeksi ja välinpitämättömäksi. Iltaisin hän saattoi toisinaan huvittaa itseään katselemalla ullakkoikkunastaan tähtiä ja ihmettelemällä niiden tuikeita.

Kun Lordi Fairfaxin perhe vuokrasi joksikin aikaa huoneiston Edinburghista, saattoi Mary opetella hiukan laskentaa, kirjoitusta sekä pianonsoittoa. Pian paluu maaseudulle lopetti näiden uusien harrastusten tuoman vähäisen huvin, ja nuoren naisen oli tyytyminen tanssi- ja maalaustunteihin. Mary yritti kuitenkin opetella maalla latinaa omin päin. Kerran eräillä teekutsuilla hän näki muutolehdeissä outoja merkkejä ja kysyi, mitä hänen näkemänsä x:t ja y:t merkitsivät. Eräs tuttava sanoi että niitä nimitetään algebraksi, mutta ettei hän osannut sanoa asiasta sen enempää. Asia jäi vaivaamaan Marya. Hän tutki kotikirjaston läpikotaisin löytämättä sieltä mitään hyödyllistä.

Kerran Mary kuuli maalaustunnilla erään miesopettajan neuvovan opiskelijaa eräässä Euklideen *Alkeiden* tehtävässä. Kuultuaan, että kirja oli opettajan mielestä perspektiiviopin ja mekaniikan tieteen kannalta tärkeä perusteos, päätti Mary hankkia sen käsiinsä. Mutta miten? Noihin aikoihin ei tullut kuuloonkaan, että nuori perhetyttö olisi mennyt kirjakauppaan ostamaan jonkin kirjan, saati geometrian oppikirjan. Lopulta Mary sai otettua asian puheeksi veljensä kotiopettajan kanssa. Hän ompeli huoneessa, missä veljen tunnit pidettiin, ja hämmästytti opettajan oikaisemalla veljeään eräässä matematiikan tehtävässä. Kotiopettaja hankki hänelle *Alkeet* sekä Bonnycastleen *Algebran* ja keskusteli niissä käsitellyistä asioista Maryn kanssa. Tämä kertasi oppimaansa joka ilta ennen nukkumaanmenoa. Tämän tultua ilmi perhe kauhistui kertakaikkiaan ja kielsi nämä matemaattiset harrastukset peläten niiden sekoittavan tytöltä pään. Palvelijoita käskettiin takavarikoimaan Maryn kynttilät niin ettei hän voisi lukea ennen nukkumaanmenoa. Tuolloin hän oli ehtinyt jo käydä lävitse Euklideen teoksen kuusi ensimmäistä kirjaa.

Vuonna 1804 Mary solmi avioliiton serkkunsa, Venäjän asiainhoitajana toimivan Samuel Greigin kanssa. Tämä oli tieteellisesti täysin oppimaton mies, joka halveksi älykkäitä naisia sydämensä pohjasta. Avioliitosta syntyi kaksi poikaa, joista toinen kuoli jo pienenä. Aviomies kuoli kolmen vuoden kuluttua liiton solmimisesta. Nämä kuolemantapaukset synkistivät Maryn elämää. Toisaalta tilanne oli hänelle onnekas, sillä ensi kertaa elämässään



Planeetta Neptunus. John Couch Adams, toinen Neptunuksen laskelmillaan löytäneistä tiedemiehistä, sanoi saaneensa virikkeen työlleen Mary Somervillen kirjoituksista. Planeetta löytyi 1846.

hän oli taloudellisesti riippumaton ja saattoi määrätä omista asioistaan. Mieheltään perimillään rahoilla hän alkoi ostella tieteellistä kirjallisuutta. Pian hän hallitsi taso- ja pallogeometrian perusteet sekä J. Fergusonin *Tähtitieteen*. Sen sijaan Newtonin *Principia* osoittautui aivan liian vaikeaksi aloittelijalle. Mary seurasi myös kansantajuisia matemaattisia lehtiä. Erään tällaisen lehden järjestämässä palkintokilpailussa hän voitti pienen palkinnon. Lehden toimittaja kiinnostui hänestä ja auttoi häntä löytämään sopivaa kirjallisuutta. Mary muistelee innostustaan: ”Olin 33-vuotias ostaessani tämän erinomaisen pikku kirjaston. Saatoin tuskin uskoa, että hallussani oli moinen aarre, kun muistelin sitä päivää, jona ensi kerran näin mystillisen sanan *algebra*, ja niitä pitkiä vuosia, joina kamppailin lähes täysin toivottomana.”

Vuonna 1812 Mary solmi uuden avioliiton, tälläkin kertaa serkkunsa kanssa. William Somerville oli toiminut lääkärinä armeijassa ja oli aivan erilainen mies kuin edesmennyt Samuel Greig. Itse sivistyneenä William oli valmis tukemaan älykkään vaimonsa harrastuksia. Hän ryhtyi auttamaan tätä kirjojen etsimisessä naisilta suljetuista tieteellisistä kirjastoista. Hän oli avuksi myös Maryn kirjoitusten puhtaaksikirjoituksessa ja oikoluvussa. Aluksi he asuivat Edinburghissa, mutta pian pariskunta muutti Lontooseen. Williamin tuttavat järjestivät niin, että kaikkialla ovet olivat avoinna heille tieteellisiin piireihin.

Mary ja William Somerville tunsivat läheisesti aikansa tieteellisen kerman. Näihin kuuluivat sellaiset tiedemiehet kuin Thomas Young, W. H. Wollaston, Humphry Davy, John Herschel sekä Ranskassa Laplace ja Gay-Lussac. Tuolloin henkilökohtaiset yhteydet olivat erityisen tärkeitä, sillä julkaisutoiminta oli paljon vähäisempää kuin nykyisin. Williamin osalle lankesi siitä seurannut julkinen tunnustus. Niinpä hänet valittiin jäseneksi mm. Kuninkaalliseen seuraan, Kuninkaalliseen maantieteelliseen seuraan, Linné-seuraan ym. Tiedemiehet, jotka kirjoittivat Marylle, tekivät sen hänen miehensä kautta. Mary ei tuntenut joutuvansa epäoikeudenmukaisesti kohdelluksi, mikä ilmeisesti johtui hänen kasvatuksestaan. Aikalaisten kuvauksen mukaan hän oli täydellinen emäntä, vaimo ja äiti, ”ilman sinisen häivääkään sukassaan”.

Vuonna 1827 Englannin lordikansleri Lordi Brougham pyysi, että Mary Somerville kirjoittaisi kansantajuisen esityksen ranskalaisen Simon Pierre Laplacen merkkiteoksesta *Mecanique Celeste* (Taivaanmekaniikka), joka oli ilmestynyt 1825. Kyseinen teos oli painovoimateorian suuri yhteenveto koko aurinkokunnan mittakaavassa. Näihin aikoihin käytiin julkista keskustelua Englannin tieteen uudistamisesta. Eräät piirit katsoivat, että Newtonin menetelmiin rakentuva tiede oli jäämässä pahasti jälkeen ranskalaisten tutkijoiden saavutuksista. Laplacen vaikeaselkoisen teoksen esittelemistä englantilaisille pidettiin tärkeänä.

Tuolloin lähes 47-vuotias Mary Somerville, joka oli kolmen keskenkasvuisen tyttären äiti, epäroi ryhtyä työhön. Kun hän lopulta päätti suostua ehdotukseen, oli päiväjärjestys suunniteltava hyvin tarkkaan. ”Nousin varhain ja tein sellaisia järjestelyjä lasteni ja perheasioitteni suhteen, että minulle jäi jälkeensä aikaa kirjoittamiseen, ei kuitenkaan ilman lukuisia keskeytyksiä. Mies voi aina määrätä ajastaan asioidensa hoitamiseen vedoten. Naiselle tätä ei suoda. Chelseassa minun odotettiin aina olevan kotona ystävien ja tuttavien tullessa minua tervehtimään, ja olisi ollut perin epäystävällistä minun puoleltani ellen olisi ottanut heitä vastaan. Kuitenkin minua usein harmitti se, että ollessani syventynyt johonkin vaikeaan tehtävään joku tuli sisään ja lausui: ’Olen tullut viettämään muutamia tunteja seurassasi.’”

Kirja ilmestyi vuonna 1831 nimellä *Mechanism of the Heavens*. Se sisälsi Laplacen teoksen mukaisen yleisesityksen maailmankaikkeuden mekaanisista periaatteista, planeettojen ja kuiden teoriasta jne. Vaikka kirja olikin alun perin tähdätty maallikoille, se osoittautui kaavoineen kaikkineen aivan liian vaativaksi suuren yleisön käsiin. Kirjan 750 kappaleen painos myytiin lähes kokonaisuudessaan Cambridgen yliopiston opiskelijoille. Siinä esitetyt differentiaalilaskennan menetelmät olivat tulleet opintojen osaksi muutama vuosi takaperin. Kirjaa suositeltiin opiskelijoille välineenä, jonka avulla he saavuttaisivat ”korkeimmat arvosanat” tähtitieteen kurssilta.

Mary Somerville oli taipumuksiltaan ensisijaisesti matemaatikko, mutta johdonmukaisen peruskoulutuksen puutteessa hän ei kyennyt parhaimpaansa. Vuonna 1826 hän jätti Englannin kuninkaalliselle seuralle kirjoituksen *Auringon spektrin violettien säteiden magnetisoivista ominaisuuksista*, jossa juuri nämä puutteet tulivat ilmi. Hän julkaisi myös muita pienimuotoisia tieteellisiä artikkeleita, mm. korkeampien kertalukujen käyrien ja pintojen ominaisuuksista.

Vuonna 1838 Somervillet muuttivat Williamin heikon terveydentilan vuoksi mannermaalle ja asettuivat lopulta Italiaan. Tämä teki tieteen uusimpien virtausten seuraamisen hankalammaksi. Italiassa Mary Somerville sai katkerasti tuntea sukupuolelleen asetetut rajoitukset, kun häntä ei päästetty vuonna 1834 jesuiittojen tähtitorniin katsomaan komeettaa. Kun John Herschel kirjoitti hänelle pyytään häntä asiantuntijana tarkistamaan, oliko italialaisen De Vicon teleskooppi Collegio Romanossa todella niin voimakas kuin tämä oli antanut ymmärtää, ei Mary voinut suorittaa annettua tehtävää, koska kaukoputki oli munkkiluostarin seinien sisällä, turvassa tiedenaisen tutkivalta katseelta.

Vaille henkilökohtaista tunnustusta ei Mary Somerville suinkaan jäänyt. Hänelle myönnettiin 1835 200 punnan suuruinen valtioneläke. Harvan tutkijan osalle lienee langennut se kunnia, että hänen mukaansa on ristitty laiva. Näin kävi Mary Somervillelle, jota esittävällä keulakuvalla varustettu nimikkolaiva liikennöi Kiinaan asti.

Mary Somerville oli vireä ja työteliäs viimeisiin elinvuosiinsa saakka. 81-vuotiaana hän kirjoitti vielä teoksen *Molekulaarisesta ja mikroskooppisesta tieteestä* (1869), joka ei kuitenkaan ole hänen edellä mainittujen kirjojensa veroinen. Hän ehti antaa tukensa varhaiselle naisasialiikkeelle. Kun John Stuart Mill esitti vetoomuksen naisten äänioikeudesta Englannin parlamentille, oli Mary Somervillen nimikirjoitus ensimmäisenä sen alla. Mary Somervillen kunniaksi ristittiin myöhemmin eräs Oxfordin yliopiston naisten oppilaitoksista Somerville Collegeksi.

Mary Somervillen luovat tieteelliset lahjat eivät koskaan saaneet kehittyä täyteen mittaansa. Hänen maineensa perustuu tieteiden ymmärrettäväksi tekemiseen. Mary Somerville itse kirjoitti tieteen ymmärtämisen vaikeudesta ja iloista seuraavasti:

”Fysikaalisen tähtitieteen täyden tuntemuksen voivat saavuttaa ainoastaan sellaiset henkilöt, jotka ovat perehtyneet matematiikan ja mekaniikan korkeimpiin haaroihin. Vain nämä ihmiset voivat arvostaa tulosten äärimmäistä kauneutta ja keinoja joilla niihin on päädytty. Kuitenkin monien ulottuvilla on riittävä analyttinen taito seurata teorian yleispiirteitä, nähdä kokonaisuuden osien riippuvuussuhteet ja ymmärtää miten joihinkin mitä merkillisimpiin johtopäätöksiin on päädytty, vaikka he ehkä välttävätkin tätä tehtävää peläten vaikeuksia, jotka kenties eivät olekaan sen kummempia kuin kaikkien tiedon haarojen tutkiskelussa esiintyvät ja joita liioitellaan koska helposti sekoitetaan keksintöjen tekemiseen vaadittavat matemaattiset tiedot ja ne, jotka riittävät toisten tekemän työn ymmärtämiseen. Kaikki, jotka ovat uhranneet aikaansa ja huomiotaan matematiikan tutkimiseen ja sen tähtitieteellisiin sovellutuksiin, ovat valmiit myöntämään, että nämä ovat kiinnostavia seikkoja tulvillaan. He yksin voivat arvioida sen ilon, joka seuraa totuuden paljastumisesta olkoonpa kyseessä sitten kokonaisen maailman löytyminen tai jokin lukujen uusi ominaisuus.”

Ada Lovelace ja Babbagen laskulaitteet

Charles Babbage (1792—1871) oli lahjakas englantilainen matemaatikko. Hän osallistui mannermaisen tieteen puolestapuhujana 1800-luvun alussa niihin Englannin tieteellistä elämää kuohuttaneisiin kiistoihin, joihin edellä viitattiin. Babbagen oli ymmärrettävästi vaikea saada virkaa. Kun hänelle vihdoinkin myönnettiin ansaittu matematiikan professuuri, hän oli jo ehtinyt tuntea ”suuren idean” kosketuksen. Babbage jätti akateemisen uransa ja keskittyi koko tarmollaan laskukoneiden kehittelyyn. Tyydyttävästi toimivaa laitetta ei koskaan syntynyt. Sanotaan algebran menettäneen Babbagessa lahjakkaan tutkijan.

Babbagen omat varat eivät riittäneet vaativiin kehittelytöihin. Laitteesta kiinnostunut Kuninkaallinen tähtitieteellinen seura ja Englannin hallitus rahoittivat yritystä aikansa. Kun varoja jaettiin epäsäännöllisesti, käsityöläiset pönttäsivät maksun viipyessä laitetta piirustuksineen. Lopulta hallitus

menetti kiinnostuksensa laitteeseen täysin kun mitään ei valmistunut. Babbagella oli kotonaan ”erotuslaitteen” (difference engine) malli, jota hän näytti kiinnostuneille mainosmielessä kertoen heille laitteen ihmeistä usein liioittelevin äänenpainoin.

Näiden uteliainen joukossa oli myös Lovelacen jaarlin nuori vaimo *Ada Lovelace*. Tämä ihastui laitteeseen ensi silmäyksellä. Ada kirjoitti Babbagelle innostuneita kirjeitä, joissa lupasi tälle kaiken tukensa. ”Mieleni on oleva teidän”, lupasi Ada Lovelace auliisti.

Ada Lovelace (1815—52, o.s. Byron) oli runoilija Byronin ainoa avioliitossa syntynyt lapsi. Vanhempien avioliitto oli päättynyt nopeasti eroon. Isä oli kuollut Kreikassa Adan ollessa vielä lapsi. Tyttö oli isänsä näköinen, pitkä, tumma ja kiihkeäluontoinen. Ada oli nuorena opiskellut matematiikkaa ja geometriaa kenenkään estämättä, vaikka eräs Adaa opettanut perheystävä olikin luottamuksellisesti varoittanut tämän äitiä Annabelle Milbankea matematiikan terveydelle haitallisista vaikutuksista. Ada oli kirjeenvaihdossa mm. Mary Somervillen kanssa. Tämä sai kuitenkin huomata, että Adaa kiinnosti ehkä enemmän matematiikan salaperäisyys kuin sen tunnollinen opiskelu.

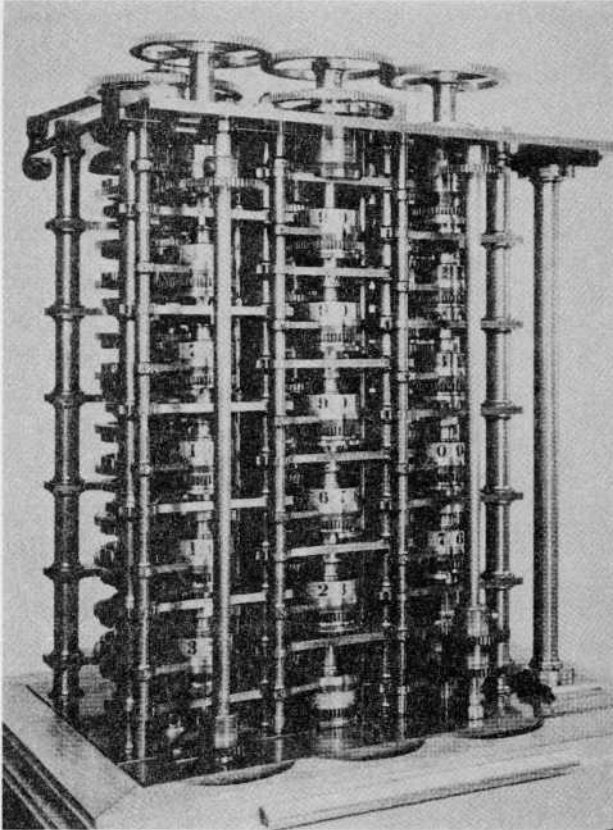
Babbage oli tällä välin yrittänyt hakea laskulaitteelleen tukea mannermaaisilta matemaatikoilta. Lokakuussa 1842 italialainen matemaatikko L. F. Menabrea esitteli Genevessä pidetyssä matemaattisessa tapaamisessa Babbagen laitteen periaatteita. Menabrean laatima esitelmä ilmestyi ranskaksi. Ada Lovelace sai ajatuksen tehdä artikkelista englanninkielisen käännöksen. Hän ryhtyi innokkaasti työhön. Pian käännös olikin valmis, eikä siinä kaikki. Ada halusi varustaa tekstin omilla huomioillaan ja kääntyi näissä merkeissä Babbagen puoleen.

Charles Babbage oli torjunut Adan aikaisemmat yhteistyötarjoukset suuremmin asiaa ajattelematta. Hän hämmästyí nuoren aatelistaisen itsepäistä tarmoa, mutta suostui kuitenkin tarkistamaan tämän kirjoittamat kommentit. Näitä oli kolme kertaa niin paljon kuin varsinaista käännöstekstiä. Adan matemaattiset valmiudet eivät olleet mainittavat, joten toimitustyöstä tuli molempia koetteleva urakka. Ada oli välillä raivoissaan Babbagelle, joka ”sotki” valmista tekstiä ja teki siihen muutoksia neuvottelematta niistä etukäteen. Babbage näki kommenttien julkaisemisessa keinon saada lisää julkisuutta vaikeuksissa olevalle työlleen ja kimpaantui, kun Ada lähetti valmiin työnsä painoon ilman Babbagen sitä varten laatimaa ”mainosliitettä”.

Babbagen ensisijainen tarkoitus oli ollut löytää keino virheettömien taulukoiden laatimiseksi. Erotuslaitteen toiminta perustui sarjakehitelmiin. Funktiota voidaan kuvata sarjakehitelmäksi nimitetyllä päättymättömällä, supistuvalla summalla. Laskutoimituksen kannalta riittävän tarkka lukuarvo voidaan saada otettaessa laskuihin mukaan vain muutamia ensimmäisiä yhteen-



Kreivitär Ada Lovelacen laatimia kommentteja Charles Babbagen laskulaitteista pidetään tietokoneohjelmoinnin historian merkkipaaluina.



Osa Charles Babbage erotuslaitteesta. Se voitiin ohjelmoida laskemaan yhteen sarjakehitelmien johtavia termejä. Ada Lovelaceen laitteen näkeminen teki unohtumattoman vaikutuksen.

laskettavia termejä. Kun laite säädettiin laskemaan tiettyjä funktioita, se laski sen arvon annetulla muuttujan arvolla automaattisesti. Babbage ei ollut tähän tyytyväinen, vaan halusi luoda laitteen, joka erotuslaitteen taitaman yhteen- ja vähennyslaskun lisäksi olisi kyennyt kertomaan ja jakamaan. Tämän laitteen oli myös määrä olla ”ohjelmoitava” niin ettei sen rakenteita tarvinnut erikseen säätää alusta pitäen jokaista uutta tehtävää varten. Tämän ”analyttisen laitteen” toteuttaminen olisi kuitenkin vaatinut huomattavasti kehittyneempää hienotekniikkaa kuin 1800-luvulla voitiin valmistaa.

Ada Lovelacen kommentteja Menabrean artikkeliin on pidetty urauurtavina ennustuksina. Ada itse on tietojenkäsittelyn aikakaudella nostettu sankarittaren asemaan. Tämä lienee osittain perusteetonta. Adaa voidaan pitää enemmänkin Babbageen unelmien mielikuvitukseksena äänitorvena kuin itsenäisenä ajattelijana. Adan kirjoituksista löytyy yllin kyllin melkeinpä mystisiä näkyjä laitteen mahdollisuuksista. Eri asia on, missä määrin nämä näyt perustuvat todelliseen, punnittuun tietoon.

Babbagen arvostukset kuvastivat 1800-luvun kehittyvää tehdasteollisuutta. Ylimmän tason, tiedemiehen ja tehtailijan, oli määrä johtaa ja tietää, mihin laitteiston toiminnalla pyrittiin. Keskitason työntekijöiden (operaattorit tai koneiden valvojat) piti syöttää tieto laitteisiin. Alin taso teki työtä täysin rutiininomaisesti vailla tietoa sen merkityksestä ja päämäärästä, kuten työläiset liukuhihnan ääressä. Tämä alin taso voitiin Babbagen suunnitelmissa korvata niin että inhimilliset laskijat korvattiin laitteella, kuten työläiset pitkälle kehitetyillä koneilla. Sekä Babbage että Ada Lovelace vertaavatkin analyyttisen laitteen toimintaa kutomakoneeseen, jossa ”reikäkortit” ohjasivat koneen itsenäistä mekaanista toimintaa. ”Voimme sanoa mitä osuvimmin, että analyyttinen laite kutoo algebrallisia malleja aivan kuten Jacquardin kutomakone kutoo kukkia ja lehtiä.”

Ada Lovelacen usein lainatussa varoituksessa, ettei laite ole kaikkivoipa, kuuluu ehkä yhtä hyvin väheksyntää ”rutiiniväheksyntää” kohtaan kuin todellinen profetia tietojenkäsittelyn olemuksesta. ”Analyyttinen laite ei kykene minkäänlaiseen omaloitteisuuteen. Se voi tehdä mitä käskemme sen tekemään. Se voi seurata analyysia, mutta ei kykene ennustamaan itse mitään analyyttisiä paljastuksia tai totuuksia. Sen toimialaan kuuluu saada ulottuvillemme jo tiedossa oleva.”

Ada Lovelacen ja Charles Babbagen kuvitelmat ihmisälyä tottelevista laskulaitteista olivat juuri haaveellisuudessaan perin nykyaikaisia. Ada Lovelace innostuu kuvamaan ”tietokonemusiikkia”: ”Ajatellaanpa esimerkiksi harmonia- ja sävelopissa, että eri sävelten perussuhteet olisivat ilmaistavissa ja muokattavissa tällä lailla laitteen avulla, silloin laitteella voitaisiin säveltää vaativia miten pitkiä ja monimutkaisia tieteellisiä musiikkikappaleita tahansa.”

Adan yhteistyö Babbagen kanssa päättyi käännöksen ja kommenttien julkaisemiseen 1843. Kommentit oli allekirjoittanut ”A.A.L”, jonka henkilöllisyys pysyi salassa yleisöltä 30 vuoden ajan. Ada Lovelace lähetti Babbagelle kirjeen, jossa luetteli ehtoja tulevalle yhteistyölle. Babbage jätti nämä ehdot kohteliaasti huomiotta. Ilmeisesti hän ei pitänyt Adan palveluksia kovin tarpeellisina, sillä tiedetään hänen yhteistyön kestäessä keskustelleen Mary Somervillen kanssa eräistä Adalle ylivoimaisista analyyttisen laitteen matemaattisista periaatteista.

Babbage kulutti loppuelämänsä turhiin yrityksiin kehitellä laitettaan, Ada Lovelace puolestaan uhkapeliin. Hänen sanotaan keksineen ”pettämättömän systeemin”, jonka avulla hän arveli voivansa rikastua ravivedonlyönnillä. Köyhtynyt Ada kuoli 36-vuotiaana syöpään ja haudattiin omasta pyynnöstään maineikkaan isänsä viereen. 1970-luvulla hänen muistoaan kunniointi Yhdysvaltain puolustusministeriö, joka antoi sotilaallisiin tarkoituksiin kehitetylle tietokonekielille nimen ADA ”ohjelmointikielen uranuurtajan” mukaan.

Adaa merkittävämpänä automaattisen tietojenkäsittelyn pioneerina voitaneen pitää *Grace Hopperia* (o.s. Murray, 1906—). Tämä amerikkalainen matemaatikko liittyi sota-aikana merivoimiin. Luutnanttina hän sai tehtäväkseen ohjelmoida Mark I -tietokonetta, elektronisten tietokoneiden edeltäjää. Hopperin tunnetuin saavutus oli sen automaattisen ohjelmoinnin käsitteen keksiminen, joka oli pohjana liike-elämän käyttämälle COBOL-ohjelmointikielelle.

Sofia Kovalevskaja, nainen ja matemaatikko

Kun venäläinen *Sofia Kovalevskaja* 1883 kiinnitettiin Tukholman yliopiston matematiikan professoriksi, julisti kirjailija August Strindberg kuohuksissaan: ”Nainen matematiikan professorina on turmiollinen ja epämiellyttävä ilmiö, kauhistus, ja hänen kutsumisensa maahan, jossa on paljon oppineempia miespuolisia matemaatikkoja, voidaan selittää vain ruotsalaisten tuntemalla kosiskelunhalulla naissukupuolta kohtaan.”



”Nainen matematiikan professorina on turmiollinen ja epämiellyttävä ilmiö”, julisti kirjailija August Strindberg kun venäläinen Sofia Kovalevskaja kiinnitettiin Tukholman yliopiston professorin virkaan.

Sofia Kovalevskaja lienee historiankirjoittajien mieliä eniten kiehtonut naismatemaatikko kautta aikojen. Ylhäissyntyisenä ja kaunispiirteisenä, niin tieteellisesti kuin kirjallisesikin lahjakkaana Sofia sai eräältäkin tiedemieheltä tunnustuksen: ”Vihdoinkin viehättävä naisoppinut!” Hänen muutoinkin värikkääseen elämäntarinaansa on kudottu sekä romansseja että dramatiikkaa yllin kyllin.

Kuollessaan influenssaan vain 41-vuotiaana Sofia Kovalevskaja oli juhlistu seurapiirien suosikki ja tunnustettu matemaatikko, mutta myös lopen uupunut, työtaakkansa alle murtunut ihminen, jolle tiede oli jo lapsuudesta alkaen antanut paitsi osallistumisen iloa myös raskaan tunteen erilaisuudesta.

Sofia syntyi 1850 Moskovassa kenraali Vasili Vasiljevits Korvin-Krukovskin ja Elizabeta Fjodorovna Shubertin toisena lapsena. Sofian ollessa kahdeksanvuotias kenraali Korvin-Krukovski vetäytyi eläkkeelle virastaan ja koko perhe muutti kenraalin laajoille tiluksille Palibinoon. Sofia oli oikukas ja yksinäinen lapsi. Vanhempien huomio kiinnittyi lähinnä Sonjan palvomaan vilkkaaseen ja lahjakkaaseen isoonsiskoon Anjutaan sekä hemmoteltuun pikkuveljeen Fedjaan. Sofian harvinaiset matemaattiset lahjat paljastuivat hänen ollessaan kolmentoista. Hän muistelee kiinnostuneensa tieteestä setänsä kanssa käymiensä keskusteluiden ansiosta. Sofian äidinpuoleisessa suvussa oli matemaattista lahjakkuutta, äidinisän isä oli aikanaan ollut suhteellisen tunnettu tähtitieteilijä. Sofia toivoi voivansa älyllisten suoritustensa välityksellä saada sitä huomiota ja rakkautta, jota ilman hän muuten tunsii jääneensä.

Kenraali Korvin-Krukovski ei aluksi suhtautunut kovin suopeasti nuoremman tyttärensä matemaattisiin harrastuksiin, mutta myöhemmin ylpeys tämän saavutuksista voitti kenraalin vastarinnan. Vanhemman tyttären alituinen kapinointi ja edesottamukset vaativat toisaalta paljon huomiota, jota ei enää liennyt Sofian osalle. Anjuta ehti ennen ulkomaille lähtöään saada naimatarjouksen kirjailija F. M. Dostojevskilta, jonka toimittamassa lehdessä hän oli julkaissut novelleja. Dostojevskiin ihastunut Sofia ei voinut ymmärtää, miksi Anjuta hylkäsi tämän.

Kun eräs perhetuttava lahjoitti kenraalille kirjoittamansa fysiikan oppikirjan, se päätyi nopeasti Sofian käsiin. Muutamia sivuja luettuaan hän törmäsi tuntemattomaan käsitteeseen — kulman siniin. Sofian kotiopettaja oli kykenemätön selvittämään, mistä oli kysymys. Niinpä Sofia ratkaisi omin päin trigonometristen funktioiden käsitteen menetelmällä, jonka jo muinaiset kreikkalaiset olivat kehittäneet. Kirjan tekijän vieraillessa jälleen Palibinossa Sofian kysymykset ja hänen kulman siniin liittyvät todistuksensa saivat tämän epäuskoiseksi ja intoihinsa. Kenraalin oli suostuttava siihen, että Sofia saisi systemaattista opetusta matematiikassa. Sofian varhaisia matemaattisia harrastuksia kuvaa hänen itse kertomansa tarina eräässä kotitalon huoneessa käytetystä väliaikaisesta seinäpaperista:

”Onnellisen sattuman ansiosta tähän ensimmäiseen tapettiin käytettiin sivuja isäni nuoruudessaan ostaman Ostrogradskyn differentiaali- ja integraalilaskennan litografiapainoksen sivuista.

Nämä sivut joille oli siroteltu outoja, käsittämättömiä kaavoja, vetivät huomioni puoleensa. Muistan nyt miten lapsena vietin tuntikausia salaperäisen seinän edessä yrittäen tulkita edes yhden ainoan ilmauksen ja päätellä, missä järjestyksessä sivut seurasivat toisiaan. Pitkällisen ja päivittäisen tarkastelun ansiosta monen seinäpaperissa olleen yhtälön ulkomuoto oli kaiverrettuna mieleeni ja myös teksti jätti aivoihini syvän jäljen vaikka se lukuhetkellä olikin minulle käsittämätöntä.

Kun vuosia jälkeenpäin, 15-vuotiaana tyttöä, otin ensimmäisen differentiaalilaskennan oppituntini kuululta pietarilaiselta matematiikan opettajalta Aleksander Nikolajevitš Strannoljubskilta, häntä hämmästytti se nopeus, jolla ymmärsin ja sovelsin termien ja derivaattojen käsitteitä, ’aivan kuin olisin osannut ne jo entuudestaan’. Muistan hänen ilmaisseen asian juuri näin, ja todellisuudessa asia oli niin että sillä hetkellä kun hän alkoi selittää asiaa minulle, muistin heti ja eloisasti kaiken sen olleen Ostrogradskyn minulle niin runsasmuistoisilla sivuilla, ja avaruuden käsite näytti olleen minulle tuttu jo hyvin kauan.”

Viime vuosisadalla oli nuoren venäläisen yläluokan keskuudessa levinnyt ns. *fiktivnij brak*, muodollinen avioliitto. Sen periaatteellisena tarkoituksena oli antaa lahjakkaille nuorille naisille mahdollisuus saavuttaa ”vapaus” isänsä ja perheensä määräysvallasta. Sen pohjana oli nihilistinen liike, joka tuolloin oli lähinnä nuoren älymystön kapinaliikettä tsaarinajan jäykistynyttä yhteiskuntajärjestelmää ja vanhempaa ikäpolvea vastaan. Myöhemmin se sai synkempiä ja epätoivoisempia piirteitä. Varhaiset nihilistit julistivat kannattavansa kaikkien ihmisten tasa-arvoa, johon sisältyi naisten yhteiskunnallinen ja opillinen tasa-arvo. Luonnontieteitä ja tekniikkaa arvostettiin erityisen paljon.

Vuonna 1868 vasta 18-vuotias Sofia tapasi itselleen sopivan sulhaskandidaatin, lupaavan paleontologin Vladimir Kovalevskin. He avioituivat samana vuonna ja asettuivat aluksi Pietariin. Vapaamielinen kausi, joka oli tehnyt mahdolliseksi naisten osallistumisen luennoille, päättyi kuitenkin pian. Kesällä 1869 Kovalevskit lähtivät Sofian isän rahallisen tuen turvin ulkomaille opiskelemaan.

Vladimir asettui Jenaan jatkamaan paleontologian opintojaan. Sofia puolestaan yritti asettautua Wieniin. Siellä hänelle paljastui kylmä totuus: naisen oli mahdotonta kirjoittautua mihinkään senaikaiseen eurooppalaiseen yliopistoon. Sofian ilmeiset lahjat tekivät kuitenkin selvästi vaikutuksen Heidelbergin yliopiston professoreihin. Hän sai seurata opetusta epävirallisesti ja osallistua luennoille. Hän opiskeli matematiikkaa Königsbergerin ja Du Bois-Reymondin johdolla ja fysiikkaa Kirchhoffin ja Helmholtzin johdolla. Königsberger oli Euroopan johtaviin matemaatikoihin kuuluvan Weierstrassin oppilas.

Vuonna 1871 Sofia matkusti Berliiniin saadakseen lisäoppia Weierstrassilta, tältä matematiikan analyysin uranuurtajalta. Weierstrass antoi Sofialle ratkaistavaksi muutamia vaikeahkoja tehtäviä lähinnä päästäkseen hänestä eroon ja hämmästyi kun tehtävät palautettiin, vieläpä selkeästi ja omaperäisesti ratkaistuina. Weierstrass ei ainoastaan ottanut Sofiaa oppilaakseen, vaan teki kaikkensa, jotta tämä otettaisiin Berliinin yliopistoon. Yritys ei tietenkään onnistunut. Sofian oli jälleen tyytyminen yksityisopiskeluun, jota jatkui neljä vuotta. Weierstrass alkoi ajan mittaan pitää Sofiaa lahjakkaimpana oppilaanaan, jonka kanssa keskusteli oman työnsä ongelmista.

Sofian Anjuta-sisar oli tällä välin asettunut Pariisiin, missä hän työskenteli Pariisin kommuunin ja vallankumouksen sekä naisasian hyväksi. Sofia oli syvästi kiintynyt sisarensa ja saattoi epäröimättä jättää kaiken sikseen ja matkustaa tämän luokse hädän hetkenä. Näin hän teki Weierstrassin vastalauseista huolimatta myös Anjutan ollessa miehineen vangittuna Pariisin kommuunin häviön jälkeen. Sisaren vakava, lopulta kuolemaan johtanut sairaus painoi Sofiaa raskaasti hänen viimeisinä elinvuosinaan.

Sofian ja Vladimirin välinen muodollinen suhde, joka aluksi oli ollut kuin veljen ja sisaren, alkoi näihin aikoihin häiritä hänen tieteellistä työtään. Vladimir joutui alituiseksi huomiota ja huolenpitoa vaativiin tilanteisiin, jotka aiheuttivat vakavia jännityksiä. Venäläinen Julia Lermontova, joka opiskeli kemiaa, kuvaili Sofian tapaa työskennellä. Tämä saattoi istua tuntikausia intensiivisen keskittyneenä tutkimuksiinsa ja nousta niiden äärestä lopen uupuneena ja masentuneena. Vladimirin pitkien poissaolojen aikana Sofia vietti askeettista elämää sisään telkeytyneenä välittämättä käydä juuri missään tai osallistua mihinkään.

Tämän kiihkeän työtahdin seuraukset näkyivät pian. 1874 Sofialla oli valmiina kolmekin väitöskirjaksi kelpaavaa työtä. Huolimatta siitä että hän oli nainen eikä minkään yliopiston kirjoissa, Göttingenin yliopisto myönsi Sofia Kovalevskajalle tohtorin arvon väitöskirjan *Osittaisten differentiaaliyhtälöiden teoriasta* perusteella. Arvo myönnettiin poikkeuksellisesti ilman väitöstilaisuutta. Väitöskirjassa käsiteltiin yleisiä ensimmäisen kertaluvun differentiaaliyhtälösystemeitä, joiden muuttujien määrä oli mielivaltainen. Weierstrass oli jo tarkastellut tavallisia differentiaaliyhtälöitä. Sofia sovelsi hänen teoriaansa osittaisdifferentiaaliyhtälöihin. Väitöskirjan tärkein tulos on Sofian mukaan ristitty Kovalevskajan teoreema, joka koskee ns. Cauchyn probleeman osittaisdifferentiaaliyhtälöiden ratkaisujen periaatteellista olemassaoloa ja yksiselitteisyyttä.

Sofia oli tehnyt myös joitakin matemaattiseen fysiikkaan liittyviä tutkimuksia ja käsitellyt mm. Laplace'n matemaattista teoriaa Saturnuksen renkaiden muodosta.

Vladimir Kovalevski oli saanut tohtorin arvon kaksi vuotta ennen vaimoaan Jenan yliopistosta. Molemmat olivat näin saavuttaneet sen mitä olivat

Zusätze und Bemerkungen zu Laplace's Untersuchung über die Gestalt der Saturnsringe.

Von Frau *Sophie Kowalewsky* in Stockholm.

Auf meine Bitte hat mir die Verfasserin erlaubt, das beifolgende Manuscript der Redaction der A. N. zu überreichen. Die Abhandlung ist zwar schon vor mehreren Jahren verfasst, bis jetzt jedoch nicht gedruckt worden, und so meine ich, dass die Veröffentlichung der hochinteressanten Untersuchung den Lesern der A. N. nur angenehm sein kann.

Hugo Gylden.

Laplace hat in dem Abschnitte der *Mécanique céleste*, welcher sich mit der Gestalt der Himmelskörper beschäftigt, auch die Gestalt der Saturnsringe theoretisch zu bestimmen unternommen. Die Grundlage seiner Untersuchungen bildet das folgende Problem:

Ein mit homogener Masse angefüllter Ring, entstanden durch die Umdrehung einer Ellipse um eine sie nicht schneidende, aber in ihrer Ebene liegende und einer ihrer Hauptaxen parallelen Geraden, rotire mit gleichförmiger Geschwindigkeit um diese Gerade (die Axe des Ringes). Die Oberfläche des Ringes sei mit einer unendlich dünnen Schicht einer homogenen Flüssigkeit bedeckt, welche der Anziehung des Ringes und ausserdem der Anziehung eines Central-Körpers, dessen Schwerpunkt mit dem Mittelpunkt des Ringes zusammenfällt, unterworfen ist. Es fragt sich, ob die Elemente des Ringes (die Halbxen der erzeugenden Ellipse und der Abstand des Mittelpunkts derselben von der Rotationsaxe) und seine Umdrehungsgeschwindigkeit so bestimmt werden können, dass die Flüssigkeit im Gleich-

gewichtszustande (in Beziehung auf die Oberfläche des Ringes) beharren könne, wozu bekanntlich erforderlich und hinreichend ist, dass die folgende Gleichung bestehe, in der

n die Rotationsgeschwindigkeit des Ringes,
 V das Potential desselben in Beziehung auf einen unbestimmten Punkt der Oberfläche desselben,
 ϱ_1 den Abstand dieses Punktes von der Rotationsaxe,
 x_1 dessen Abstand von der Aequatorialebene,
 M die in ihrem Schwerpunkt concentrirt gedachte Masse des Centralkörpers,
 C eine Constante bedeutet:

$$(1) \quad V + \frac{M}{V\varrho_1^2 + x_1^2} + \frac{1}{2}n^2\varrho_1^2 - C = 0$$

Laplace untersucht aber die Aufgabe nur unter der Annahme, dass die Oeffnung des Ringes (d. h. der Abstand seines Mittelpunktes von dem Mittelpunkte der erzeugenden

3*

Sofia Kovalevskajan Saturnuksen renkaita käsittelevä artikkeli julkaistiin Astronomiselle Nachrichten -lehdessä 1885.

tulleet Saksasta hakemaan. Entä nyt? Vladimir oli ollut avioliiton alkuaikoina veljellisen rakkauden ruumiillistuma. Pian tämä idylli sai väistyä kylmän todellisuuden tieltä. Rahahuolet, maantieteellinen etäisyys ja puhtaasti inhimillinen kilpailu toinen toistensa töiden kesken huononsivat Sofian ja Vladimirin välejä. Ennen pitkää pari etsi keskinäisiin ongelmiinsa väistämätöntä — ja tässä tapauksessa väärää — ratkaisua. Kuuden muodollisen avioliittovuoden jälkeen Vladimir vihdoinkin päätti ”panna avioliiton täytäntöön”.

Vuonna 1874 Sofia ja Vladimir palasivat Venäjälle. Sofia pakkasi vielä julkaisemattomat tutkimuksensa matka-arkun pohjalle ja luopui tieteellisestä työstään kuuden vuoden ajaksi. Tuona aikana Sofia, joka oli asettanut itselleen niin korkeat päämäärät, ei sallinut itsensä nauttia niiden hedelmistä vaan alistui venäläisen matroonan rooliin.

Vladimir ei onnistunut yrityksissään saada paleontologian opetustointia yliopistosta. Niinpä hänen oli keksittävä jokin muu keino perheensä elättämiseksi. Sofia omistautui miehensä sekavien liikeasioiden ja 1878 syntyneen tyttären, Fufan, hoitamiseen. Nämä puuhut eivät mitenkään vastanneet Sofian kykyjä. Matematiikan opetustointia hän ei löytänyt. Mahdollisesti hän olisi voinut opettaa parempien perheiden tyttäriille laskennon alkeita, mutta ”valitettavasti olin melko heikko kertomataulussa”, muistelee Sofia itse ironisesti.

Epätoivoisena Sofia kirjoitti Weierstrassille haluavansa jatkaa matemaat-

tista työtään. Samoihin aikoihin, vuonna 1880, pidettiin Pietarissa 7. luonnontieteilijöiden kongressi. Tunnettu matemaatikko Tsebyšev, joka tunsi Sofian maineen, pyysi häntä esittämään kongressissa joitakin tutkimuksiaan. Lyhyen epäröinnin jälkeen Sofia käänsi venäjäksi vanhan Abelin integraaleja koskevan tutkimuksensa yhdessä yössä ja esitti sen seuraavana aamuna innostuneelle kuulijakunnalle. Ruotsalainen matemaatikko, Weierstrassin oppilaisiin kuulunut Gösta Mittag-Leffler, joka näihin aikoihin toimi matematiikan professorina Helsingissä, tuli henkilökohtaisesti lupaamaan, että hän yrittäisi hankkia Sofialle toimen ulkomailta. Myöhemmin Tukholmaan matematiikan professoriksi siirtynyt Mittag-Leffler oli taitava organisaattori. Hänestä oli sisarensa, naisasianainen Anna-Charlotta Lefflerin vaikutuksesta tullut naisten yliopistouran puolestapuhuja.

Vladimir oli tällä välin onnistunut menettämään koko omaisuutensa. Kun hänelle tarjottiin vähäistä opetusvirkaa Moskovassa, hän tarttui siihen kuin hukkuva oljenkorteen. Sofia matkusti samanaikaisesti Berliiniin ja sieltä edelleen Pariisiin, ja näin avioparin lopullinen ero oli tosiasia.

Pariisissa Sofia uppoutui työhönsä ennennäkemättömällä kiihkeydellä. Tyttärensä hän jätti muiden hoiviin. Sofia sai tutustua Pariisin tieteen ja kulttuurin valovoimaisiin huippuihin, joiden kanssa hän solmi lukuisia tuttavuussuhteita. Mutta juuri kun hänen elämänsä näytti olevan järjestyksessä, saapui keväällä 1883 Moskovasta odottamaton viesti: Vladimir oli taloudellisen ja inhimillisen vararikkonsa vuoksi tehnyt itsemurhan.

Sofian reaktionä oli voimakas syyllisyydentunto. Hän sulkeutui huoneeseensa ja yritti näännyttää itsensä nälkään. Viidentenä päivänä hän murtui. Kun Sofia saatiin toinnutetuksi, hän heikosta tilastaan huolimatta nousi ja syvenyi matemaattisiin laskelmiin. Vielä vuosia myöhemmin Sofia saattoi raskaina hetkinä vajota syvään epätoivoon ajatellessaan Vladimirin kuolemaa ja tuntumaansa syyllisyyttä.

Hiukan Vladimirin kuoleman jälkeen Tukholmaan siirtynyt Mittag-Leffler kirjoitti Sofialle saaneensa tälle vihdoin paikan Tukholman yliopistossa. Sofia esitti aluksi epäilyjä pätevyystään opetustoimeen, mutta otti kuitenkin paikan vastaan. Eräs myöhempi tutkija huomauttaa, että tämä on hyvin tyypillinen esimerkki naiseen iskostetusta itseluottamuksen puutteesta. ”Kes-kinkertaisimmankaan miehen mieleen ei juolahtaisi epäillä, etteikö hän selviytyisi luennoitsijan hommasta.”

August Strindbergin ja muiden hajanaiset hyökkäykset jäivät tehottomiksi. Sofia osoittautui erinomaiseksi opettajaksi. Hänestä tuli 1885 mekaniikan oppituolin haltija ja 1889, vuotta ennen kuolemaansa, hänet nimitettiin elinikäiseksi matematiikan professoriksi. Hän oli myös Mittag-Lefflerin perustaman Acta Mathematica -lehden toimitusneuvoston jäsen.

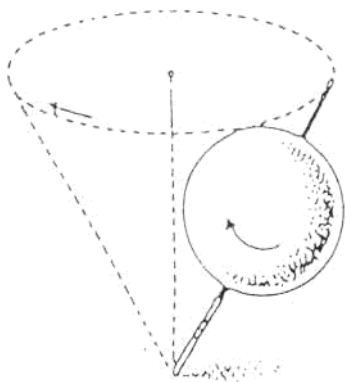
Uudessa ympäristössä Sofian kyvyt alkoivat puhjeta kukoistukseensa. Ruotsia hän oppi nopeasti. Sofia ystäväystyi läheisesti professori Mittag-

Lefflerin sisaren Anna-Charlotte Mittag-Lefflerin kanssa. Pian Sofia ja Anna-Charlotte suunnittelivat yhteisten romaanien ja näytelmien kirjoittamista. 1887 valmistui näytelmä *Kampen för lyckan*, jonka ruotsalaisen tekstin kirjoitti Anna-Charlotte. Sofiaa poltti niin tuskallinen luomisen tarve, että hän kirjailemisesta estyneenä alkoi kirjoa. Professori Mittag-Leffler muisteli usein harmistuneena tavanneensa Sofian istumassa tieteellisen työnsä sijasta monenkirjavien lankavyyhtien ja ompelusten seassa johonkin monimutkaiseen kirjontamalliin uponneena.

Sofia luennoi Tukholmassa lähinnä omasta tutkimustyöstään, mm. osittaisdifferentiaaliyhtälöistä, Abelin, elliptisistä ja potentiaalifunktioista. Hänen asenteestaan opetustyöhön kertoo seuraava lainaus kirjeestä Mittag-Lefflerille: ”Olin inhon vallassa luettuani Briotin kirjoituksen Abelin funktioista. Miten on mahdollista esittää niin kaunis aihe niin perin kuivasti opiskelijoille?”

Vuonna 1888 Pariisin tiedeakatemia julisti kilpailun matemaattisesta ongelmasta, joka oli jo kauan kiehtonut tutkijoita. Kyseessä oli kiinteän painopisteen ympäri pyörivän kappaleen (hyrrän) mekaanisten liikeyhtälöiden yleinen ratkaisu. Suuret matemaatikot olivat onnistuneet löytämään vain osittaisratkaisuja tähän ongelmaan, joka kauneutensa ja vaikeutensa vuoksi oli runollisesti ristitty ”merenneitoprobleemaksi”. Tämä tiedeakatemian ns. Prix Bordin -kilpailu oli järjestetty aiemmin kolmasti ilman sen kummempia edistysaskeleita.

Vuoden 1888 kilpailuun lähetettiin määräaikaan mennessä 15 työtä. Jännitys kohosi, kun palkintolautakunta ilmoitti ennen tulosten julkistamista erään ratkaisun sisältävän niin merkittävän askeleen kohti ongelman ratkaisua, että palkintosummaa oli päätetty korottaa 3000 frangista 5000 frangiin. Kun tekijän nimen sisältämä kuori avattiin, ilmeni että ratkaisun oli laatinut ”matematiikan kuningatar”, Tukholman yliopiston matematiikan professori Sofia Kovalevskaja.



Hyrrän liikeyhtälöiden yleinen ratkaisu on edelleen selvittämättä. Sofia Kovalevskaja laati osaratkaisun, jonka menetelmä on osoittautunut käyttökelpoiseksi monissa matemaattisen fysiikan ongelmissa.

Sofian käsittelemää ongelmaa kuvaa kuuden ensimmäisen kertaluvun differentiaaliyhtälön ryhmä (ns. Eulerin-Poissonin yhtälöt):

$$A \frac{dp}{dt} = (B - C)qr - \beta z_0 + \gamma y_0$$

$$B \frac{dq}{dt} = (C - A)pr - \gamma x_0 + \alpha z_0$$

$$C \frac{dr}{dt} = (A - B)pq - \alpha y_0 + \beta x_0$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = \beta r - \gamma q$$

$$\frac{d\beta}{dt} = \gamma p - \alpha r$$

$$\frac{d\gamma}{dt} = \alpha q - \beta p$$

missä p, q, r ovat kulmanopeuden komponentit, α, β, γ puolestaan hyrrän asentoa kuvaavien suuntakosinien komponentit sekä A, B, C impulssimomentit ja x_0, y_0, z_0 massakeskipisteen komponentit. Osoittautuu, että liikeyhtälöiden ratkaisua varten tarvitaan neljän ajasta riippumattoman ns. liikevakion tunteminen. Näistä energia, kulmaimpulssimomentti sekä summa $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2$ ovat helposti tunnistettavissa. Sen sijaan neljännen liikevakion etsiminen on paljon vaikeampi tehtävä. Ennen vuotta 1888 se oli löydetty vain kolmelle erikoistapaukselle: yksinkertaiselle tapaukselle $A=B=C$, Eulerin tapaukselle $x_0 = y_0 = z_0$ ja Lagrangen tapaukselle $A = B, x_0 = y_0 = 0$. Sofia Kovalevskaja lähestyi ongelmaa matemaattisesti kompleksimuuttujien teorialla, jonka avulla hän löysi tiettyjä ehtoja käyttäen neljä ratkaisua. Nämä olivat kolme edellä lueteltua tapausta sekä yksi ennestään tuntematon, jolle $A = B = 2C, z_0 = 0$. Tälle uudelle tapaukselle hän löysi näin neljännen liikevakion, jonka avulla liikeyhtälöt voitiin sitten ratkaista.

Hyrrän liikeyhtälöiden ratkaisua tärkeämmäksi on osoittautunut Sofia Kovalevskajan käyttämä menetelmä. Sitä voidaan nykyään soveltaa vaikkapa kokoonpuristumattoman nesteen stationaarista virtausta matemaattisesti tutkittaessa. Differentiaaliyhtälöiden ratkaisujen periaatteellinen olemassaoloja ratkaisujen luokittelu on yhä hyvin ajankohtainen matematiikan haara. Sofian tarkasteleman erityisongelman ratkaisua koskevia yleisiä teoreemoja ei toistaiseksi ole onnistuttu todistamaan, ainoastaan erikoistapauksille on saatu tuloksia.

Prix Bordin -palkinnon vastaanottaminen teki Sofiasta päivän nimen.

Tukholman tiedeakatemia myönsi hänelle tuolloin suuren 1500 kruunun rahapalkinnon ja Venäjän tiedeakatemia valitsi hänet kirjeenvaihtajajäsenekseen. Sofia kaipasi Venäjälle ja olisi mielellään ottanut vastaan viran jostakin sikäläisestä yliopistosta. Venäläiset yliopistot oli kuitenkin julistettu naisilta suljetuiksi jo vuonna 1863. Tiedeakatemian edustajalla oli Sofian toiveisiin selkeä kanta: ”Koska pääsy opetusvirkoihin on täysin suljettu naisilta, olkooppa heidän tietonsa ja taitonsa sitten millaiset hyvänsä, kotimaassamme ei ole minkäänlaista virkaa tarjolla rouva Kovalevskajalle.”

Sofia oli tehnyt palkintotyönsä melkoisen paineen alaisena. Muilta tehtäviltään häneltä jäi niin vähän aikaa, että työ oli tehtävä enimmäkseen öisin. Samana vuonna Sofia oli tavannut miehen, johon hän oli intohimoisesti rakastunut. Tämä halusi hänen luopuvan kaikesta tieteellisestä työstään heti avioliiton solmimisen jälkeen. Miehen läsnäollessa Sofia tunsu itsensä kyvyttömäksi työskentelemään, tämän poissaollessa häntä raastoi epäily siitä että toisen tunteet olivat viilenemässä. ”Maksim lähti eilen”, hän kirjoitti ystävälleen Anna-Charlotta Lefferille, ”ja jos hän olisi viipynyt täällä, en usko että olisin saanut työni valmiiksi. Hän on niin suuri... ja vie paljon tilaa, ei ainoastaan sohvalle vaan myös ihmisten ajatuksissa. Hänen läsnäollessaan olisi ollut täysin mahdotonta ajatella mitään muuta.”

Vuonna 1889 Sofia julkaisi teoksen *Lapsuudenmuistoja*, josta muodostui menestys. 1890 ilmestyi Anjutan muistoksi kirjoitettu romaani *Nihilistityttö*. Vuoden 1891 alussa Sofialla oli keskeneräisenä tai suunnitteilla useita kirjoituksia ja romaaneja. Nämä ”epämatemaattiset” harrastukset olivat Sofialle itselleen luonnollisia. Eräässä kirjeessä hän sanoo:

”Ymmärrän ihmetyksesi siitä että kykenen samanaikaisesti puuhailemaan kirjallisuuden ja matematiikan kanssa. Monet, joilla ei koskaan ole ollut tilaisuutta oppia matematiikasta alkeita enempiä, sekoittavat sen aritmetiikkaan ja pitävät sitä kuivana tieteenä. Todellisuudessa se on tiede, joka vaatii suuren määrän mielikuvitusta, ja yksi vuosisatamme johtavista matemaatikoista ilmaisee asian aivan oikein sanoessaan, että on mahdotonta olla matemaatikko olematta sielultaan runoilija. Tietenkin jotta ymmärtäisi tämän määritelmän sattuvuuden on luovuttava ikivanhasta ennakkoluulosta, että runoilijan on luotava jotain mitä ei ole olemassa, että mielikuvitus ja keksintö ovat yhtä. Minusta tuntuu, että runoilijan on nähtävä se mitä muut eivät näe, nähtävä syvemmälle kuin muut ihmiset. Ja matemaatikon on tehtävä samoin. Mitä minuun tulee, koko ikäni olen ollut kykenemätön päättämään, olenko taipuvaisempi matematiikkaan vai kirjallisuuteen. Niin pian kuin aivoni kyllästyvät puhtaasti abstrakteihin päättelyihin, ne heti kääntyvät elämän tarkkailuun, kertomuksiin, ja päinvastoin, kun kaikki elämässä alkaa näyttää tyhjänpäiväiseltä ja mielenkiinnottomalta, vain tieteen ikuiset, muuttumattomat lait vetävät minua puoleensa. On hyvin mahdollista, että olisin ehkä saanut aikaan enemmän, jos olisin omistautunut yksinomaan toiselle tai toiselle. Kuitenkaan en kykene luopumaan kummastakaan kokonaan.”

Sofia Kovalevskaja ei tehnyt parasta työtään nuoruutensa parhaina vuosina, vaan tasaisesti, vanhemmiten kypsyen. Hänen ennenaikainen kuolemansa katkaisi elämäntyön, jolla olisi saattanut olla vielä paljon annettavaa. Palattuaan eräältä lukuisista kiertomatoistaan Euroopassa Sofia sairastui äkillisesti tuolloin epidemiana raivonneeseen influenssaan ja kuoli vain neljä päivää sairastettuaan. Hänen vastustuskykyään lievenvät heikentäneet hänelle läheisten ihmisten menettäminen ja ristiriitojen raastaman, työntäyteisen elämän ajoittain ylivoimaisiksi käyneet rasitukset.

Vain osittain toteutui se lupaus elämästä, jonka 13-vuotias Sofia oli kokenut palatessaan Anjuta-sisarensa kanssa Pietarista: ”Meidät täytti selittämätön, ääretön ilo. Luojaani! Miten edessämme levittäytyvä elämä vetikään meitä puoleensa, miten se kannustikaan meitä eteenpäin ja miten rajattomalta, salaperäiseltä ja kauniilta se meistä näyttikään tuona iltana!”

Emmy Noether, ”ystävällinen pyykkimuija”

Emmy Noether (1882—1935), maailman merkittävimmäksi naismatemaatikoksi kutsuttu, oli ihmisenä Sofia Kovalevskajan täydellinen vastakohta. Missä Sofia oli naisellinen, tulinen ja itsekkeinen, siinä Emmy oli vaatimaton, tasainen ja epäitsekäs. Ellei Emmy (Amalia) Noether olisi syntynyt tunnettuun matemaatikkosukuun aikana, jolloin yliopistojen ovet olivat avautumassa naisille, hän tuskin olisi vaivautunut taistellen murtamaan esteitä tieltään. Hänen tapauksessaan suotuisat olosuhteet olivat tarpeen matemaattisten lahjojen esiinpuhkeamiseksi.

Emmyn isä Max Noether oli saksalaisen Erlangenin yliopiston matematiikan professori. Hän oli varsin huomattava algebrallisten funktioiden teorian kehittäjä. Myös yksi Emmyn kolmesta veljestä ryhtyi matemaatikon uralle. Emmy kirjoittautui Erlangenin yliopistoon vuonna 1900. Noin tuhatpäisessä uusien opiskelijoiden parvessa oli vain kaksi naista.

Emmyn opintojen ohjaajana oli perheystävä Paul Gordon, jonka johdolla Emmy kirjoitti väitöksensä 1907. Tätä kunnioitettavalta näyttävää työtä Emmy kutsui myöhemmin vähättelevästi ”kaavaryteiköksi”. Väitöskirjatyön valmistuttua hänen oma matemaattinen ajattelunsa alkoi kehittyä ns. aksiomatiikan suuntaan. Se pyrkii yksinkertaistamaan matemaattisia teorioita niin, että tulokset johdetaan joistakin yleisistä perusolettamuksista (aksioomeista) käsin. Emmyllä oli harvinainen kyky hahmottaa hyvin etäisiä ja monimutkaisia matemaattisia yhteyksiä ja esittää ne ymmärrettävässä muodossa ilman kömpelöitä havainnollistuksia.

Erlangenin aikanaan Emmy luennoi joitakin kursseja ja piti isänsä luentoja tämän sairastellessa. Maailmansodan syttyminen muutti Emmyn elämän. Hänen äitinsä kuoli, Max Noether oli eläkkeellä ja matemaatikkoveli Fritz armeijassa. Emmy siirtyi 1915 Göttingeniin, silloiseen matematiikan maailmankeskukseen.

Göttingenin matematiikkaa hallitsivat suurmiehet Felix Klein ja David Hilbert. He olivat erityisen innoissaan 1915 loppusuoralla olleen Einsteinin yleisen suhteellisuusteorian matemaattisista ominaisuuksista. Hilbert muotoili syksyllä 1915 kilvan Einsteinin kanssa teorian lopullisia kenttäyhtälöitä. Sekä Klein että Hilbert vetivät Emmy Noetherin mukaan kilpajuoksuun. Hilbert mainitsi Kleinille Emmy Noetherin ”jonka neuvoa kysyin energialakiani koskevien kysymysten selvittämiseksi”, ja Klein kirjoitti Hilbertille: ”Kuten tiedät, Fräulein Noether neuvoo minua edelleen työssäni.” Emmy itse totesi eräälle göttingeniläiselle tuttavalle, että ryhmä matemaatikoida, joihin hän itse lukeutui, teki mitä vaikeimpia laskelmia Einsteinille. ”Kukaan meistä ei ymmärrä mitä hyötyä niistä voi olla”, hän valitti.



**Emmy Noether,
Einsteinin mukaan
"keskeisin luova
matemaattinen nero
sitten naisten
korkeamman kou-
lutuksen alka-
misen".**

Emmy Noetherin 1918 ilmestynyt työ liittyi invariantteihin, muuttumattomiin suureisiin ns. variaatiolaskennassa. Hänen mukaansa nimetyn Noetherin teoreeman avulla voidaan tietynlaisella muunnoksella johtaa fysiikassa tärkeiden suureiden säilymlakeja. Yleisen suhteellisuusteorian matemaattisen risuisuuden vuoksi ei tuttujen energian ja liikemäärän säilymlakien johtaminen ollut äkkiseltään helppoa. Noetherin teoreema yksinkertaisti ongelman käsittelyä melkoisesti. Se on nykyään arkipäiväinen työkalu fysikaalisten ongelmien käsittelyssä. Emmy itse piti teoreemaa vain laajemman teorian sivutuotteena.

Olisi luullut, että Göttingenin yliopisto olisi ollut ylpeä näin huomattavasta matemaatikosta. Vaikka naisille myönnettiinkin jo tuolloin korkeimpia oppiarvoja, olivat virkanimitykset kiven takana. Hilbert yritti turhaan vedota filosofiseen tiedekuntaan. Eräs konsistorin ennakkoluuloinen jäsen kauhisteli: ”Kuinka muka voitaisiin sallia naisesta tehtävän *Privatdozent*? Jos hän saavuttaisi sen aseman, hänestä tulisi seuraavaksi professori ja konsistorin jäsen... Mitä sotilaamme sanoisivat, jos he yliopistoonsa palatessaan huomaisivat joutuvansa noutamaan oppinsa naisen jalkojen juuresta?” Hilbert laukaisi eräessä kokouksessa tuotuneena: ”Hyvät herrat, en ymmärrä miksi kandidaatin sukupuoli olisi este hänen *Privatdozentiksi* nimittämiselleen. Eihän konsistori suinkaan ole yleinen kylpylaitos!”

Emmy Noetherin asema pysyi varsin epämääräisenä aina vuoteen 1919 asti. Hän kiersi määräyksiä Hilbertin keksimän juonen avulla. Luentoja mainostettiin Hilbertin nimellä, mutta katederiin ilmestyikin *der* Noether, jolla maskuliinisella etuliitteellä Emmyä leikillisesti kutsuttiin. Vuonna 1922 Emmystä tuli ”ei virassa toimiva ylimääräinen professori”. Tähän kunnianimitykseen liittyi vähän tehtäviä eikä lainkaan palkkaa. Myöhemmin Hermann Weyl, hänkin varsin merkittävä matemaatikko, yritti järjestää Emmylle parempaa työsuhdetta. Weylistä oli väärin, ettei nainen, joka joissakin suhteissa oli matemaatikkona häntä itseään etevämpi, saanut kunnollista nimitystä. Lopullisesti nämä yritykset kilpistyivät natsien valtaannousuun 1933. Emmy Noetherin oli juutalaisen syntyperänsä ja pasifististen näkemystensä vuoksi monen muun lahjakkaan tutkijan tavoin lähdeettävä maasta.

Emmy Noether oli matemaatikkona aksiomaattisten menetelmien aseman vahvistaja. 1920 hän julkaisi tutkimuksensa ideaalien yleisestä aksiomaattisesta teoriasta. Samana vuonna häneltä ilmestyi tärkeä artikkeli differentiaalioperaattoreista. Emmy oli tuolloin, lähes 40-vuotiaana, vasta luomiskykynsä huipulla, vastoin käsitystä että luova matemaattinen työ tapahtuisi tutkijan nuoruusvuosina. 1920-luvun lopulla hän tunkeutui yhä syvemmälle erilaisten algebrojen ominaisuuksiin. On sanottu että hän oli maailman luovin abstraktin algebran tutkija, joka ”teki algebrasta aksiomaatiikan kultamaan”.

Viimeisinä Saksan vuosinaan Emmy oli Hermann Weylin sanoman mukaan Göttingenin matematiikan keskipiste. Hän oli erinomainen, varsin



Emmy Noether Zurichin matemaatikokokonferenssin yhteydessä järjestetyllä retkellä 1932.

epämuodollinen opettaja. Emmy pursui ideoita ja jakoi niitä auliisti innostuneille oppilailleen. Weyl kuvaili häntä karheaksi ja yksinkertaiseksi sieluksi, jonka sydän oli kultaa. Emmy Noetherilla oli kuuluva, varsin epäsointinen ääni. Hänen sanotaan muistuttaneen tarmokasta, likinäköistä pyykkimuijaa.

Vuonna 1932 Zurichissä pidettiin kansainvälinen matemaattinen konferenssi. Norbert Wiener kuvailee, miten opiskelijat parveilivat Emmy Noetherin ympärillä kananpoikien tavoin. ”Tilaisuudessa luettu yhteenveto hänen työstään oli todellinen voitto hänen edustamalleen suuntaukselle. Hän saattoi nyt tarkastella kulkemaansa matemaattista polkua, ei pelkästään sisäisestä tyydytyksestä vaan täydellisestä tunnustuksesta tietoisena.”

Vuonna 1933 Emmy Noether lähti Yhdysvaltoihin. Siellä hän opetti Bryn Mawr -nimisessä naisten collegessa. Silloin tällöin hän piti luentoja Princetonissa, jonne Einstein ja Weyl olivat asettuneet. Emmy kuoli jo vajaan kahden Amerikan vuoden päästä v. 1935 onnistuneeksi luullun leikkauksen jälkeen. Einstein kirjoitti hänestä seuraavat muistosanat: ”Pätevimpien nykymatemaatikoiden mielestä Fräulein Noether oli keskeisin luova matemaattinen nero sitten naisten korkeamman koulutuksen alkamisen. Algebran alalla, jonka kimpussa matemaatikoista etevimmät ovat vuosisatojen ajan ahkeroineet, hän löysi menetelmiä, jotka ovat osoittautuneet nykyisen nuoren matemaatikkopolven kehitykselle valtavan tärkeiksi.”

Hermann Weyl puolestaan arvioi Emmyn merkitystä ihmisenä seuraavasti: ”Hän oli yksipuolinen ihmisolento, jonka oli vetänyt pois tasapainosta hänen lahjakkuutensa paino.” Miesmatemaatikon muistoksi tällaisia sanoja tuskin olisi voitu kirjoittaa.

Naisnäkökulma tähtitaivaalle

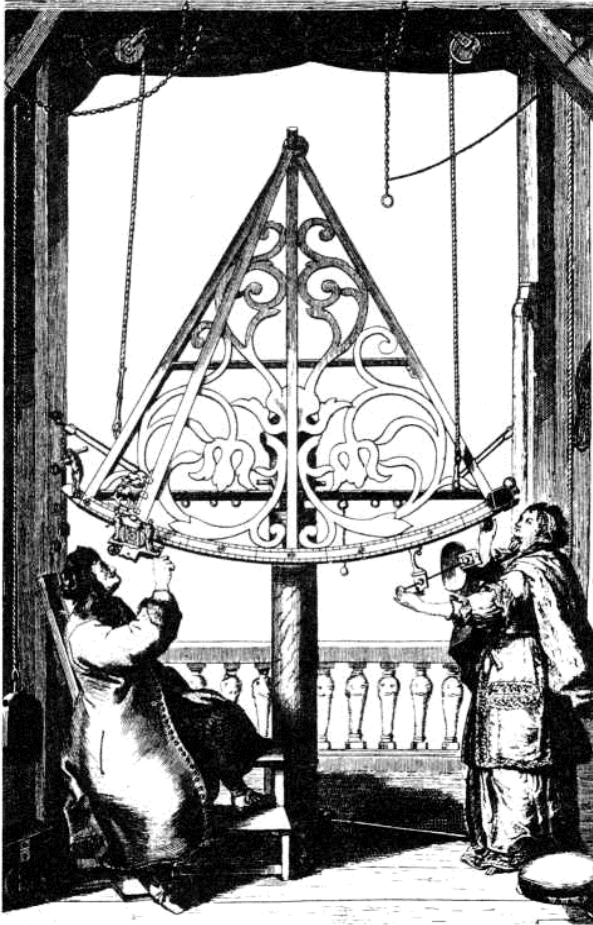
Tähtitieteelliset sisaret, vaimot ja tyttäret

Havaitsevan tähtitieteen kehitys tempasi naisetkin mukaan lisääntyvään taivaankannen tarkkailuun. Naisnäkökulma tähtitaivaalle oli arkipuuhaa kuin edellä kuvatut ylimystönaisten tieteelliset harrastukset. Tähtitieteilijänaiset olivat tavallisesti avustavia perheenjäseniä, jotka osallistuivat perheenpään tutkimustyöhön laskijoina ja taulukontekijöinä. Vain harvalla naisella on tilaisuus tehdä omia havaintoja taivaankannen ilmiöistä. Kaukoputket olivat kalliita ja harvinaisia. Vaikka naisella olisikin ollut teleskooppi käytössään, kuten Caroline Herschelillä, joka sai veljeltään näitä välineitä kerrassaan kaksi kappaletta, laitteet olivat suhteellisen vaatimattomia. Carolineltakin kului siinä määrin aikaa apulaisen töihinsä, että hän ehti perin harvoin kurkistaa taivaalle omalla ”komeetanpyyhkijällään”.

Ennen teleskoopin keksimistä elänyt saksalainen tähtitieteilijä Johannes Muller eli Regiomontanus (1436—76) oli 1400-luvun merkittävin länsimaalainen tähtien tutkija. Hänen kerrotaan saaneen vaimoltaan apua työssään, joka käsitti mm. ensimmäiset planeettataulut. Kuuluisa tanskalainen tähtitieteilijä Tyko Brahe teki toisinaan havaintoja nuorimman sisarensa *Sofian* (1556—1643) kanssa. Sofia Brahe oli Brahen sisaruksista ainoa, joka osoitti mielenkiintoa Tykon tutkimuksia kohtaan. Hän oli usein nähty vieras tähtitieteelle pyhitetyllä Uraniburgin saarella, missä Tyko Brahe teki havaintojaan. Sofian tiedetään harrastaneen ahkerasti alkemiaa ja astrologiaa. Hänellä oli oma yrttitarha lääkekasvien viljelemistä varten. Hänen mainitaan olleen innokas astrologi, joka piti kirjaa ystäviensä horoskoopeista.

Sleesialainen lääkärintytär *Maria Cunitz* (n. 1600—64) ryhtyi miehensä kehotuksesta laatimaan lyhennelmää Tyko Brahen havaintoihin perustuvista, Keplerin 1627 julkaisemista taulukoista. Kolmikymmenvuotinen sota ajoi pariskunnan pakosalle Sleesiasta. Maria jatkoi taulukoiden toimittamista puolalaisessa luostarissa. Hänen kuoltuaan aviomies toimitti valmiin työn painoon 1651 *Urania propitia* -nimisenä, omalla esipuheellaan varustettuna niteenä.

Ennen kaukoputken keksimistä 1600-luvulla kaikki havainnot tehtiin paljaalla silmällä. Danzigilainen tähtitieteilijä Jan Hevelius (Hewelke) aloitti 1652 havainnot joihin perustui hänen kuolemansa jälkeen ilmestynyt, viimeinen suuri paljain silmin tehtyihin havaintoihin perustuva tähtiluettelo *Prodromus Astronomiae*. Hevelius oli varakas amatööri, varsinaiselta ammatil-



Elisabeth ja Jan Hevelius tekivät tähtihavaintonsa silmin. Kuvan laite on Gunterin 1658 valmistama suuri kuparinen sekstantti. Piirros on Heveliuksen teoksesta "Machina Coelestis".

Elisabeth Hevelius oli erinomainen kaivertaja. Hän saattoi valmiiksi miehensä tähtiluettelon "Prodromus Astronomiae" tämän kuoleman jälkeen. Kuvan karttalehti esittää Andromedan tähtikuviota.

taan kaivertaja. Hän yritti turhaan löytää itselleen apulaista tähtiluettelon ja siihen kuuluvan kartan valmistamiseen. Vasta Heveliuksen vaimo *Elisabeth Hevelius* (o.s. Koopman, 1647—93) kelpasi tähän vaativaan tehtävään. Luettelon valmistumista hidasti 1679 sattunut tulipalo, joka tuhosi suuren osan aineistosta. Jan Hevelius kuoli 1681, ennen suurtyönsä valmistumista. Elisabeth oli 27 avioliittovuoden aikana ehtinyt perehtyä tehtäväänsä varsin hyvin. Hän huolehti keskeneräisen luettelon valmiiksi toimittamisesta ja painattamisesta. Elisabeth nimesi nykyään Sobieskin kilpenä tunnetun tähdistön Puolan silloisen kuninkaan mukaan.

Ranskan kansalliskirjastossa Pariisissa säilytetään *Jeanne Dumée* -nimisen ranskattaren julkaisematonta käsikirjoitusta (n. 1680). Siinä tämä puoltaa



Kopernikuksen oppia Maan liikkeestä Auringon ympäri. Kirjoitukseen liittyy puolustuspuhe, jossa tekijä arvelee naisen laatiman artikkelin saattavan herättää vastustusta tieteellisissä piireissä. Jeanne tahtoi tehdä lukijalle selväksi mielipide-eronsa niiden kanssa, jotka pitivät naisia älyllisesti alempina heidän aivojensa pienemmän koon ja painon perusteella.

Tällaiset kiistakirjoitukset lienevät olleet tarpeen 1600-luvun Ranskassa. Oppineet teroittivat kyniään pilkatakseen oppineita naisia. Näytelmäkirjailija Moliere kirjoitti kaksi näytelmää, joissa naureskellaan makeasti naisten opillisille harrastuksille. Boileau-niminen kynäilijä laati *Satiirin naisia vastaan*, jossa kuvaillaan, miten tunnettu tähtitieteen harrastaja Madame *Marguerite De La Sablière* (1630—93) viettää yönsä astrolabi kädessä Jupiteria tarkkaillen, niin että tähtitientutkijattaren näkö heikkenee ja hipiä menee piloille. Madame De La Sablière sai toisenkinlaatuista julkista huomiota työstään, kun kuningas myönsi hänelle 2000 livren eläkkeen. Myöhemmin hän kääntyi katoliseen uskoon ja omistautui laupeudentöille.

Berliiniläisen tähtitieteilijän Gottfried Kirchin vaimo *Marie Kirch* (o.s. Winkelmann, 1670—1720) aloitti uransa tähtitieteilijänä aviomiehen ryhdyttyä opettamaan hänelle ja kahdelle sisarelleen tähtitiedettä. Mariasta tuli oiva työtoveri. Hän teki laskelmia almanakkaa varten yhdessä miehensä kanssa aina tämän kuolemaan saakka 1710. Hän jatkoi työskentelyään poikansa,

Berliinin tähtitornin johtajaksi edenneen Christfried Kirchin kanssa. Marien kerrotaan löytäneen komeetan vuonna 1702, mutta tietoa ei ole vahvistettu. Vuonna 1713 hän julkaisi kirjoituksen Jupiterin ja Saturnuksen tulevasta konjunktioista. Marien tyttäret osallistuivat hekin almanakan ja efemeriditaulukoiden laskemiseen. *Christine Kirch* (1696—1782) oli siinä erityisen taitava. Hän toimi veljensä Christfriedin assistenttina ja tämän kuoltua 1740 tähtitornin uuden johtajan Boden alaisena. Tämä antoi Christinen jopa julkaista joitakin tuloksiaan omalla nimellään, mikä tuolloin oli naiselle harvinainen kunnia. Bode otti vaimokseen tähtitieteestä kiinnostuneen Kirch-suvun tyttären.

Christfried Kirchin oppilaisiin lukeutunut ruotsalainen tutkija Anders Celsius kirjoitti tälle kokemuksistaan mannermaalla seuraavasti: ”Alan vähitellen uskoa että jokikisellä tähtitieteilijällä, johon minulla oli kunnia matkallani tutustua, on kohtalonaan omata oppineita sisaria. Minullakin on sisar, tosin tiedoiltaan vähäisempi. Tasapainon vuoksi meidän pitäisi tehdä hänestä tähtitieteilijä. ”Pariisissa Celsius oli tavannut tähtientutkija De l’Islen, jolla oli astronomialle omistautunut sisar. Bolognan observatoriossa johtajan sisaret Teresa ja Maddalena olivat istuneet veljensä seurassa laskemassa Bolognan efemeridejä.

Tunnetuin kaikista tähtitieteellisistä laskijanaisista lienee ollut *Hortense Lepaute* (1723—88), Ranskan kuninkaan kellosepän vaimo. Miehensä kirjaa



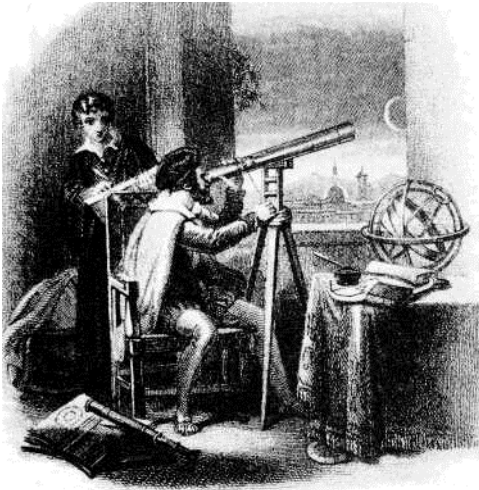
Marguerite de la Sablière, jonka sanottiin pilanneen ihonsa tähtiharrastuksellaan.



Hortense Lepaute, kuuluisin tähtitieteellisten taulukoiden laskijoista 1700-luvulla.

Traite d' horlogerie varten hän oli tehnyt heilureiden liikkeisiin liittyviä laskuja. Pariisin observatorion johtaja Lalande palkkasi hänet ja matemaatikko Clairautin selvittämään Jupiterin ja Saturnuksen vetovoiman vaikutusta Halley'n komeettaan. Ongelma oli varsin vaivalloinen aikana, jolloin laskut oli tehtävä alusta loppuun saakka käsin, logaritmitaulujen avulla. Lalande totesikin, ettei olisi uskaltanut tarttua työhön ilman Hortense Lepautea, joka laski planeettojen vetovoiman komeettaan jokaista astetta kohti 150 vuoden pituiselle ajanjaksolle. ”Kuuden kuukauden ajan työskentelimme aamusta iltaan, joskus aterioidenkin aikana, ja tämän pakkotyön jälkeen minuun iski sairaus, jota sen jälkeen olen saanut potea lopun ikääni”, muisteli Lalande. Halley'n komeetan havaitsi sen silloisen vierailun aikana Palitzsch joulupäivänä 1758. Komeetta saapui periheliinsä 12.3.1759, mikä osui Lalanden johdolla tehtyjen laskelmien virherajojen sisään.

Hortense Lepaute laati laskelmat vuoden 1762 auringonpimennystä sekä vuoden 1764 harvinaislaatuista rengasmaista auringonpimennystä varten. Tärkeimmät hänen laskuistaan liittyivät kuitenkin *Connaissance des temps* -vuosikirjaan. Lalande kertoo: ”1759 sain jälleen tehtäväkseni toimittaa tiedeakatemia jokatavuotisen tähtitieteilijöiden ja purjehtijoiden käyttöön tarkoitetun julkaisun *Connaissance des temps*, jonka vaatimat laskutoimitukset työllistivät monta henkeä. Minulla oli onni löytää Madame Lepautea työkumppani, jota ilman en olisi kyennyt tähän yritykseen ryhtymään. Hän jatkoi tätä tointaan aina vuoteen 1774, jolloin toinen akateemikko tarttui tähän rankkaan puuhaan, tehden omin päin kaikki laskelmat Auringolle, Kuulle ja planeetoille.”



**Tähtitieteilijä avustajineen.
Piirros John Herschelin kir-
jasta "Treatise on Astro-
nomy".**

Hortense Lepaute jatkoi työskentelyään efemeriditaulukoiden parissa aina vuoteen 1783 saakka, jolloin hän joutui luopumaan laskutyöstä näkönsä heikennyttyä pahasti vuosia kestäneen uurastuksen takia. Hän oli ehtinyt tehdä laskelmat taivaankappaleille vuoteen 1792, neljä vuotta kuolemansa jälkeiseen aikaan asti. Tuolloin Eurooppaan tuotu kaunis japaninruusu-lajike ristittiin hänen mukaansa hortensiaksi, millä nimellä se tunnetaan vieläkin.

Lalanden tähtitieteilijäsuvussa oli havaittu etevien naislaskijoiden arvo. Lalanden veljenpojan vaimo auttoi miestään 10 000 tähden havaintotulokset käsittäneissä laskuissa. Lalande itse kirjoitti naisia varten kansantajuinen tähtitieteen kirjan *Astronomie des Dames*. Hän omisti sen *Madame Du Pierylle* (1746—?), taitavalle laskuapulaiselle, joka oli erikoistunut pimennys- ja kuulaskuihin.

Mainittakoon näistä 1700-luvun tähtitieteen käsityöläisistä vielä hannoverilainen *Minna Witte* (1777—?), joka valmisti taidokkaan kuupallon. Kerrotaan että palloa mieli omakseen mm. tunnettu tähtitieteilijä Mädler. Tarinan mukaan hän ei saanut sitä omakseen muuten kuin menemällä naimisiin pallon tekijän kanssa.

Caroline Herschelin kahdeksan komeettaa

Tähtitieteellisistä sisarista kuuluisin oli *Caroline Herschel* (1750—1848). Caroline ja William Herschel syntyivät Hannoverissa, joka oli noihin aikoihin osa Britanniaa. Isä, Isaac Herschel, oli sotilasmuusikko Hannoverin kaartissa. Hän auttoi poikansa muusikon uralle taatakseen näille varman, joskin niukan toimeentulon. Tähtitieteen merkkimieheksi myöhemmällä iällään kohonnut William Herschel ansaitsi pääosan tuloistaan ammattimuusikkona yli 40-vuotiaaksi asti. Hän aloitti työskentelynsä kaartin oboistina, mutta lähti kumminkin pian Englantiin parempien työmahdollisuuksien toivossa. Muutamia vuosia kierreltyään hän sai pysyvemmän työpaikan Bathin kylpyläkaupungin urkurina.

Caroline, joka lapsesta saakka oli ihaillut William-veljeään suunnattomasti, innostui tämän ehdottaessa että Caroline lähtisi Englantiin ja loisi uran laulajana. Äiti, tyypillinen saksalainen kotirouva, oli jyrkästi moista rohkeaa ajatusta vastaan. Hän ja Jacob-veli eivät olisi raaskineet luopua ilmaisesta piiasta, jollaiseksi he tahtoivat Carolinen jäävän. Tälle oli lapsesta pitäen teroitettu mieleen että avioliiton solmiminen olisi mahdotonta hänen rumuutensa takia. Isän kuoltua Caroline tahtoi opiskella ansaitakseen oman elatuksensa. Häneltä kiellettiin ranskantunni ehdottomasti. Ompelutaitoja sai harjoittaa ainoastaan parsimiseen. Ei ollut ihme, että ”parhaimman ja rakkaimman veljen” ehdotus Englantiin lähdöstä kaikui sisaren korvissa ilosanomana. Lähdön ehtona oli, että William maksaisi perheelleen piian palkan korvauksena Carolinen menetetyistä työpanoksesta.

Bathin kaupungin seuralämä oli sesonkiaikoina vilkasta ja kevytmielistä.



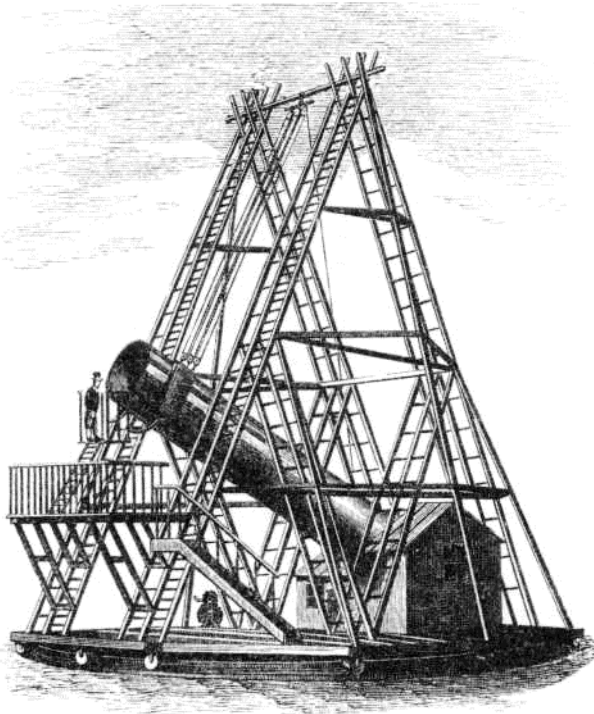
William Herschel (1738—1822) oli 1700-luvun merkittävin tähtitieteilijä. Hän rakensi itse omat kaukoputkensa ja laajensi tähtitieteen rajat kauas Linnunradan tuolle puolen. Caroline Herschel (oik.) luopui laulajan urasta ja omistautui tähtitieteelle. Hän oli veljensä Williamin korvaamaton avustaja.

Carolineen se teki hämmäntävän vaikutuksen. Hänen opintonsa englannin kielessä, aritmetiikassa, tilinpidossa, keittotaidossa, laulussa ja harpunositossa alkoivat heti. Viimeksi mainittu oli tarpeen jotta Caroline voisi laulaessaan säästää itseään. Hänestä kehittyi suosittu laulutaiteilija. Ohjelmistossa olivat mm. englantilaisten suuresti rakastamat oratoriot.

Päiväkirjoissaan Caroline on kuvaillut eloisasti Herschelin perheen jokapäiväistä elämää. Caroline tunsu olonsa kovin vaivautuneeksi englantilaisen hienoston parissa. ”Rouva X ja hänen tyttärensä olivat hyvin seurallisia”, hän kirjoitti, ”ja viimeksi mainittu tuli joskus viereisille. Koska hänen käyntinsä pikemmin harmittivat kuin viihdyttivät minua, en rohkaissut niitä, sillä mielestäni hän ei ole juuri idioottia kummempi.” Carolinella oli elämänsä aikana vain pari sellaista ystävää, joita hän saattoi pitää vertaisinaan. Hänellä oli oma persoonallinen huumorintajunsa, joka pilkistää usein esiin. Kirjeessään eräälle häntä imarrelleelle oppineelle herrasmiehelle hän sanoo: ”Myönnän olevani turhamainen, sillä en toivo olevani poikkeuksellinen. Onko koskaan nähty naista joka ei olisi turhamainen, saati miestä — vain sillä erotuksella, että herrasmiesten keskuudessa tätä arkista ominaisuutta on tapana kutsua kunnianhimoksi.”

Tähtitiede valloitti yhä suuremman osan Herschelian elämästä. Kiireinen William tunsu, ettei minuuttiakaan saanut päästää hukkaan, vaan jokainen viran hoidolta ja oppilaiden vastaanottamiselta vapaaksi jäävä minuutti oli varattava tähtitieteelle. Tähän oli Carolinen ja talossa oleskelleen Alexander-veljen mukauduttava.

William valmisti itse omat kaukoputkensa nähdäkseen niin suuren osan tähtitaivaasta kuin suinkin. Hänen teleskooppinsa osoittautuivat vähitellen ylivoimaisiksi muihin senaikaisiin laitteisiin verrattuna. Carolinen oli pakko vähentää konserttejaan. ”Musiikillisia harrastuksiani oli nyt karsittava, koska erilaisten laitteiden valmistamisessa tarvittiin jatkuvasti apuani. Minun oli huvitettava itseäni valmistamalla pahviputkia linsseille. Näitä tuotiin Lontoosta, sillä Bathissa ei tuolloin vielä ollut optikoita. Mutta kun kaikki oli valmista, ei kukaan muu kuin veljeni saanut tilaisuutta nähdä vilaustakaan Jupiterista tai Saturnuksesta, sillä putken valtava pituus ei sallinut sen säilyttämistä suorassa. Tämä ongelma voittiin peltipurkillla. Mihinkään vakavampaan ei ajanpuutteen vuoksi kumminkaan voitu ryhtyä ennen kuin kesäkuun alussa, jolloin jotkut veljeni oppilaat lähtivät Bathista. Silloin näin, suureksi surukseni, lähes jokikisen huoneen muuttuvan työpajaksi. Huone-



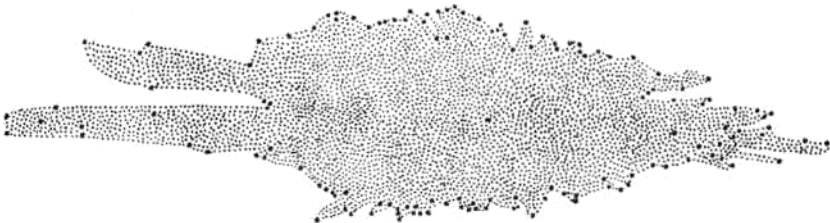
**William Herschelin
1789 valmistunut suuri
kaukoputki.**

**Oikealla Linnunra-
dan rakenne William
Herschelin mukaan
(1784). Tämä tähti-
luotausten perusteella
laadittu läpileikkaus oli
ensimmäinen yritys
tutkia galaksimme
rakennetta
havaintoihin
nojaautuen.**

kalupuuseppä valmisti putkia ja telineitä sievästi kalustetussa olohuoneessa. Alex sijoitti makuuhuoneeseen valtavan sorvin mallikappaleiden ja okulaarien sorvaamista sekä linssien hiomista varten. Aikani kului tarkoin nuottien jäljentämiseen ja musiikkikappaleiden harjoitteluun, sen lisäksi että autoin veljeäni kiillotustyössä ja että minun oli ruokittava häntä panemalla ruoka valmiiksi paloiteltuna hänen suuhunsa jotta hän olisi pysynyt hengissä. Näin oli laita silloinkin, kun hän ei irrotanut käsiään 16 tuntiin seitsemän jalan läpimittaisesta peilistä, jota hän oli viimeistelemässä. Tavallisesti hänellä oli aterioidenkin aikana jotain puuhaa — hän piirteli tai teki muistiinpanoja kaikesta mieleensä juolahtavasta. Yleensä minun piti lukea hänelle kun hän teki sellaista työtä joka jätti hänen ajatuksensa joutilaiksi. Joskus apuani tarvittiin vielä muuhunkin. Ajallaan minusta tuli työpajan jäsenenä yhtä hyödyllinen kuin oppipojasta ensimmäisenä oppivuotenaan.”

Ennen pitkää Carolinen apu oli tarpeen ympäri vuorokauden. ”Niin sitten kävi, että veljeni William joutui asettamaan kokeelle taitoni luetteloiden, taulukoiden ja joskus kokonaisten hänen tutkittavakseen lainattujen artikkeleiden kopioijana. ... Tämä piti minut puuhakkaana niinä öinä, jotka veljeni vietti teleskoopin ääressä. Kun ilmeni, että tarvittiin auttavaa kättä esim, tehtäessä eräitä mittauksia mikrometrin avulla, tulen ylläpitämisessä tai kahvipannullisen keittämisessä koko yön kestävän havaintotyön aikana, suoritin mielihyvin nämä tehtävät, joita toiset olisivat saattaneet pitää raskaina.”

Vuonna 1781 William Herschel löysi uuden planeetan, Uranuksen. Vähitellen hän saattoi luopua kokonaan muusikon velvollisuuksistaan. Tuon ajan mittapuun mukaan valtavan voimakkaalla teleskoopillaan Herschel kartoitti koko pohjoisen tähtitaivaan. Olettamalla kaikki tähdet yhtä kirkkaiksi (näinhän ei asianlaita suinkaan todellisuudessa ole) William Herschel hahmotteli ensimmäisenä Linnunradan rakenteen. Tähtien ominaisliikkeitä havaitsemalla hän totesi Auringon liikkuvan lähimpien tähtien suhteen ja päätteli hämmästyttävän tarkasti tämän liikkeen suunnankin. Herschel huomasi joidenkin kaksoistähtien liikkuvan toistensa ympäri. Hän luetteloi lukemattomia uusia nebuloita, sumuja, joiden hän arveli muodostuvan tähdistä Linnunradan lailla. Suurin osa havainnoista, joihin nämä mullistavat johtopäätökset perustuivat, kulki Carolinen käsien kautta.



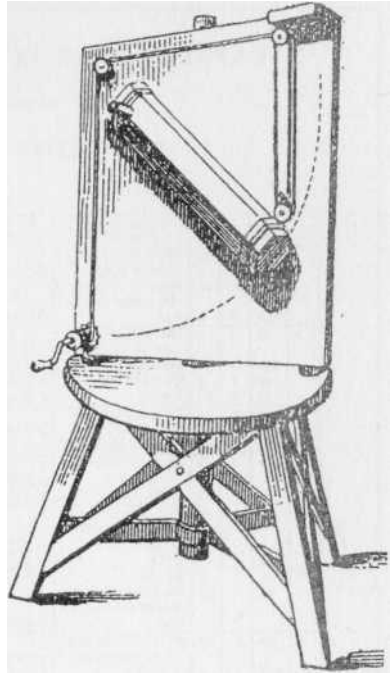
Työtään varten Carolinen oli opiskeltava geometriaa ja logaritmitaulujen käyttöä. Hän keräsi itselleen laskutoimituksissaan ja redusoinneissaan tarpeellisen kaavakokoelman. Öisin hän kirjoitti havaintoja muistiin Williamin sanelun mukaan. Hän luki mikrometrin lukemat valolähteen avulla, jotta Williamin ei olisi tarvinnut aina uudelleen sopeuttaa silmiään pimeään. Aamunkoitteessa Caroline vei havainnot mukanaan valmistaakseen niistä päivän mittaan redusoidun ja järjestetyn version. Tämä oli suurta tarkkuutta ja kärsivällisyyttä vaativa työvaihe. Toisinaan Caroline osallistui linssien hiomiseen. Kaukoputkien valmistamisesta myyntiin oli tullut Herscheleille tärkeä elinkeino, vaikka kuningas maksoikin heille kiinteän vuosipalkan. Carolinesta tuli ammattitähdtiteilijä nykyajan mittapuun mukaan, kun hänet 1786 nimitettiin virallisesti veljensä assistentiksi huimalla 50 punnan vuosipalkalla. Hän kertoo tästä itse: ”Lokakuussa sain kaksitoista puntaa ja kymmenen (shillinkiä) palkkani ensimmäisenä neljänneksenä, mikä oli ensimmäinen rahasumma jonka saatoinkin tähänastisena ikänäni ajatella käyttäväni miten ikinä tahdoin.” Paitsi rahaa tuli Carolinelle myös tunnustusta, kun hänet ja Mary Somerville kutsuttiin Kuninkaallisen tähtitieteellisen seuran kunniajäseniksi aikana, jolloin seuran jäsenyys oli muodollisesti naisilta suljettu.

Caroline Herschel ei ollut ainoastaan veljensä tutkimusapulainen, vaan teki omaakin havaintotyötä. Tämä tuli mahdolliseksi Williamin annettua hänelle pienen, komeettojen havaitsemiseen erinomaisesti soveltuvan reflektorin. Sen avulla Caroline löysi mm. Andromeda-galaksin seuralaisen. Vuonna 1783 hän havaitsi kolme uutta, ennen luettelematonta tähtisumua. Parhaat tulokset hän saavutti kuitenkin komeettojen metsästäjänä. Vuosina 1789—97 hän näki kaikkiaan kahdeksan komeettaa. Ensimmäisen niistä hän löysi Williamin vieraillessa 1789 Hannoverissa luovuttamassa henkilökohtaisesti valmistamansa kaukoputken, jonka Englannin kuningas oli lahjoittanut Göttingenin observatoriolle. Carolinen päiväkirjasta löytyvät 1789 elokuun 1. ja 2. päivän kohdalta seuraavat muistiinpanot: ”Elok. 1. Olen laskenut tänään 100 nebulaa ja tänä iltana näin ilmiön jonka uskon huomisiltana osoittautuvan komeetaksi. Elok. 2. Tänään laskin 150 nebulaa. Pelkään ettei tänään ole kirkasta, koko päivän on satanut, tosin taivas näyttää hiukan selkenevän. Kello 1: Viimeöinen ilmiö on komeetta.”

Carolinen 1795 näkemä komeetta oli toinen havainto myöhemmin Encken komeetaksi nimitystä pyrstötähdestä. Viimeisen komeettansa hän havaitsi paljain silmin. William antoi tunnustuksen sisarensa havainnoille lahjoittamalla tälle upouuden, entistä ehomman 24 kertaa suurentavan teleskoopin. Tämä laite oli myöhemmin mukana John Herschelin nelivuotisella matkalla Hyväntoivonniemelle. Poika käytti sitä apunaan kartoittaessaan eteläisen tähtitaivaan isänsä kartoittaman pohjoisen tähtitaivaan jatkoksi.

Caroline Herschel järjesti veljensä kehotuksesta uudelleen tähtititeilijä

Caroline Herschelin komeettojen metsästykseen käyttämä kaukoputki. Hän löysi sillä kaikkiaan 8 komeettaa. Piirros on Smythen teoksesta "Cycle of Celestial Objects".



Flamsteedin 3000 tähteä käsittävän *Brittiläisen luettelon*. Se oli tarkkoina pidettyine tietoineen eräänlainen tähtitieteilijän raamattu. Caroline järjesti tiedot asteen levyisten taivaankaistaleiden mukaan, jotta William voisi suorittaa havaintojaan entistäkin järjestelmällisemmin. Työnsä pohjalta Caroline vielä laati luettelon tähdistä, jotka sisältyivät Flamsteedin *Historia Coelestis* -teoksen toiseen osaan, mutta joita ei ollut sisällytetty *Brittiläiseen luetteloon*. Tämän 1798 ilmestyneen teoksen yhtä kappaletta säilytetään Helsingin yliopiston observatoriossa. Esipuheessa William Herschel puhuu sisarensa puolesta: ”Sisareni toivoo, että vaikka *Historia Coelestiksen* toinen osa on käyty vain kertaalleen läpi, siinä ei olisi paljon virheitä taikka laiminlyöntejä... Saanen lisätä, että tutkimalla työtä sen edistessä ja tarkistamalla kaikki tapaukset, jotka näyttivät kaipaavan enemmän astronomin ammattitaitoa kuin hän on omaksunut, olen parhaani mukaan koettanut estää virheiden mukaanpääsyn...”

Observatorion kappaleen sivut on Helsingin yliopiston tähtitieteen professori F.W.A. Argelander varustanut runsain omakätisin merkinnöin, jotka todistavat hänen tutkineen teosta varsin tarkkaan. Hän kommentoi sitä yksityiskohtaisesti *Astronomiselle Nachrichten* -lehdessä 1833 ilmestyneessä kirjoituksessaan. Argelander oli löytänyt luettelosta joitakin virheitä, jotka oli toistettu sellaisinaan eräiden muiden tähtitieteilijöiden tarkasteluissa, kun

CATALOGUE OF FLAMSTEED'S STARS.

NOT INSERTED IN

THE BRITISH CATALOGUE.

No.	R. G.	Day.	Line.	Flamsteed's names, magnitude, &c.	Determining Star.	M.	S.	D.	M.	S.
1	17	3	24	Seq. sub propode 2 ^a aust. et præced.	6 ^a Orionis	p	0 25	s	0 27	5
94	5	22		Sequent. ad χ (5 ^a Or.) præ. et min.	6 ^a Orionis	p	0 25	s	0 27	5
292	11	5		7 m. - -	6 ^a Orionis	p	0 22,5	s	0 26	50
2	19	7		Hæc habet comitem ant ad boream.	ϵ 48 Arietis	p	— —	n	— —	—
149	11	31		Quæ præcedit ϵ .	ϵ 48 Arietis	p	0 21	n	— —	—
149	15			Quæ præcedit ϵ .	ϵ 48 Arietis	p	0 22	n	— —	—
153	11	20		Comes ϵ .	ϵ 48 Arietis	p	0 21	n	0 16	50
3	20	17		Lucidus et præcedens ad b. Persei.	μ 51 Persei	f	2 40	n	1 54	30
285	11	16		Præcedens ad b. 5 m.	μ 51 Persei	f	2 50	n	1 54	35
4	20	18		Sequens et minor ad b. Persei.	μ 51 Persei	f	3 50	n	1 40	0
285	11	17		Sequens ad b. 6 m.	μ 51 Persei	f	3 49	n	1 39	55
5	20	19		Has (No. 3 and 4 of this cat.) sequens, exigua.	μ 51 Persei	f	4 36	n	2 32	50
285	11	18		5 m. - -	μ 51 Persei	f	4 42	n	2 32	20
6	21	3		Sic puto d.	ϵ 31 Geminorum	f	4 38 ±	n	10 44	10
94	5	33		Supra hanc eodem fere momento trans. cum d.	d 36 Geminorum	f	0 0	n	1 50	40
7	21	23		2 ^a I Gemin. sequentium, præcedens. Cancri.	11 Cancri	p	— —	n	0 1	34
158	5	5		Cancri.	6 Cancri	p	2 8	s	0 15	0
8	21	33		Sequens, parvula telescopica.	2 ^a ad b. præced. 35 Cancri	f	0 29	n	— —	—
297	11	32		7 m. post transitum.	35 Cancri	f	— —	n	8 43	0
9	24	25		Infra Arcturum.	Arct. a 16 Bootis	p	0 3	s	0 26	30
10	25	18		Quæ sequitur e Geminorum ad austr.	33 Geminorum	f	14 28	s	5 8	35
293	11	1		5 m. - -	0 45 Geminorum	p	— —	s	5 0	45
294	8	27		6 m. - -	0 45 Geminorum	p	4 9	s	5 0	55
11	25	41		b Cancri.	ϵ 42 Cancri	f	0 13	n	— —	—
299	11	8		b Cancri.	ϵ 41 Cancri	f	0 17	n	0 2	25
12	40	1		Quæ præcedit caudam Leonis.	Cauda, β 94 Leo.	p	0 32	s	0 17	55
165	0	2		Leonis caudæ comes transit.	Cauda, β 94 Leo.	p	0 33,5	n	— —	—
13	45	16		2 ^a seq. β ad boream, borea.	2 ^a seq. β ad bor. aust. 37 Libræ	f	0 26	n	0 51	30
14	48	44		Anteced. cap Sagit. 2 ^a med. 6 m.	ϕ 27 Sagittarii.	f	0	n	6 36	10
15	48	50		Tertia ad ν Sagit.	Sec. ad ν 35 Sag.	f	0 51	s	0 30	20
201	11	10		8 m. - -	Seq. ad ν 35 Sag.	f	0 51	s	0 30	15

Sivu Caroline Herschel in laatumasta tähtiluettelosta, jota säilytetään Helsingin yliopiston observatorion kirjastossa. Observatorion esimies F.W.A. Argelander on tehnyt luettelon reunaan merkintöjä.

nämä olivat ”liiksi luottaneet neiti Herschel in yleensä ottaen harvoin ylitettyyn huolellisuuteen”, kuten Argelander toteaa.

William Herschel in kuoltua 1822 Caroline tuns i elämänsä käyneen tyhjäksi. Hän palasi lapsuudenmaisemiinsa Hannoveriin odottelemaan pikaista kuolemaa. Toisin kuitenkin kävi. Caroline eli vielä runsaan neljännesvuosi-

sadan mitä parhaissa sielun ja ruumiin voimissa. Havaintotyöstä hän luopui melkein kokonaan. Laskutoimituksiaan hän vielä jatkoi. 1828 valmistui luettelo puolestatoistatuhannesta Herschelien havaitsemasta tähtisumusta ja -joukosta. Lisäksi hän järjesti veljenpoikansa Johnin käyttöön eräitä William Herschelin havaintoja.

Caroline Herschel kuoli 1848 ollessaan 97 vuoden ja 10 kuukauden ikäinen. Minkä esittävä säveltaide hänessä menetti, sen tähtitiede hänessä voitti veljensä korvaamattomana apulaisena tämän maailmankuvaamme mullistaneissa tutkimuksissa.

Vassarin observatorion neidit ja Helsingin observatorion herrat

Tähtitieteen kehitys vaati 1800-luvulla yhä enemmän laitteistoa ja työvoimaa. Yhdysvalloissa tähtitieteen kehitys oli kummassakin suhteessa nopeaa. Maan ensimmäinen pysyvä observatorio perustettiin 1838. Pieniä puoli-itsenäisiä observatorioita alkoi kohota sinne tänne. Naisten tullessa laajemmin mukaan tähtitieteelliseen työhön 1870-luvulla ei Yhdysvallat ollut vielä ehtinyt Euroopan rinnalle.

Vuosina 1875—1920 yli 165 nimeltä tunnettua naista teki palkattua tähtitieteeseen liittyvää työtä amerikkalaisissa observatorioissa. Muutamat heistä vaikuttivat tähtitieteen kehitykseen näkyvämmiin, toiset puolestaan suorittivat yksitoikkoisia mutta sitäkin tarpeellisempia lasku- ja mittaustehtäviä.

Valokuvauksen keksiminen mullisti tähtitieteellisen tutkimustyön. Harvardin observatoriossa otettiin 1850 ensimmäinen tähtivalokuva. Tekniikan kehittyessä tähtikuvauksen vaatimat pitkät valotusajat kävivät mahdollisiksi. Taivasta voitiin pian kuvata mielin määrin, niin että valokuvien avulla tähtitaivasta voitiin tarkastella päivisin. Tähtivalokuvien käsittely kehittyi melko yksinkertaiseksi ja pitkäpiimäiseksi työksi. Muihin naisille tarjolla olleihin töihin verrattuna siitä maksettiin verrattain hyvin. Työ oli siistiä ja säännöllistä. Laskijanaiset eivät kuitenkaan päässeet lähellekään miesten palkkoja.

Moni amerikkalainen naistähtitieteilijä sai peruskoulutuksensa Vassar Collegen observatoriossa, joka sijaitsee Poughkeepsissä New Yorkin lähellä. Collegen perusti 1865 rahamies Matthew Vassar, innokas naissivistyksen kannattaja. Hän halusi koota yhteen joukon naisia, jotka kykenisivät kohottamaan vastaperustetun koulun parhaiden miesten oppilaitosten tasolle. College sai alusta pitäen oman observatorion. Sen johtajaksi ja vetonaulaksi Vassar palkkasi Maria Mitchellin.

Maria Mitchell (1818—89) oli Nantucketin pikkukaupungissa työskentelevän tähtitieteilijän tytär. Jo 12-vuotiaana hän oli toiminut kellonkatsojana isän tarkkaillessa auringonpimennystä, jonka avulla tämä määräsi Nantucke-

tin pituusasteen. Perhe kuului naisten tasa-arvoa kunnioittavaan kveekarien uskonlahkoon. Siksi Marialla oli hyvät mahdollisuudet koulunkäyntiin. Ainoa college, johon naiset tuolloin pääsivät, sijaitsi toisella puolella maata. Mariasta tuli Nantucketin kaupunginkirjaston virkailija. Öisin hän tutki tähtiä kotinsa katolle sijoitetulla kaukoputkella.

Vuonna 1847 Maria Mitchell havaitsi kaukoputkellaan komeetan, joka teki hänet kuuluisaksi. Tanskan kuningas oli luvannut palkinnon teleskooppikomeetan havaitsijalle. Palkinto oli postin hitauden vuoksi jo ehditty myöntää roomalaiselle jesuiittaisälle de Vicolle, joka oli nähnyt saman komeetan kaksi päivää myöhemmin kuin Maria. Koska sama mitali oli aikaisemmin viety täpärästi amerikkalaisen tähtitieteilijän nenän edestä, palkintolautakunta katsoi parhaaksi myöntää diplomaattista hienovaraisuutta noudattaen jo jaetun mitalin Maria Mitchellille.

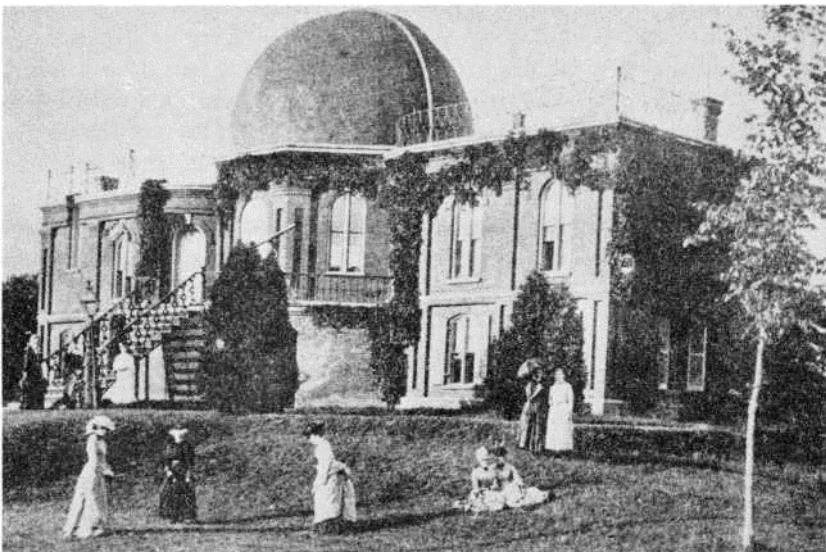


Maria Mitchell, naisille tarkoitettun Vassarin observatorion ensimmäinen johtaja. Hermiane Dassellin maalaus.

Vassarin observatorio 1878. Takalalalla portaiden edessä Maria Mitchell.

Kaksi vuotta myöhemmin Maria Mitchell palkattiin tekemään laskelmia merenkulkijoille tarkoitettuihin tähtitieteellisiin taulukoihin *American Ephemeris and Nautical Almanac* -vuosikirjaan. Mariaa pidettiin sukupuolensa vuoksi erityisen sopivana tekemään laskelmia Venus-planeetalle. Vasta Vassarin tähtitieteen professorina Maria sai mahdollisuuden kunnolliseen tähtitieteelliseen työhön. Observatorion kaukoputki oli maan parhaita, mutta sen objektiivi oli laadultaan huono, niin että kaukoputkella näkyi sumutäplinä erottuvia tähtiä suurin joukoin. Collegen rahoittajat eivät kuitenkaan pitäneet mitään kiirettä laitteen korjauttamisessa. Kun kaukoputki kolmen vuoden päästä vihdoinkin sai uuden objektiivin, sen liikuttamiseen tarkoitetut laitteet osoittautuivat kehnoiksi, mikä teki naistähtitieteilijöiden suosimat komeetta- ja asteroidihavainnot mahdottomiksi. Kaukoputkella tyydyttiinkin havaitsemaan lähinnä Jupiterin ja Saturnuksen kiekkoa.

Maria Mitchell osoittautui 23-vuotisen professuurinsa aikana erinomaiseksi opettajaksi. Hänen oppilaistaan Mary Whitney ja Antonia Maury menestyivät tähtitieteilijän uralla. Mitchell oli näkyvä naisasianainen, joka luennoi eri puolilla maata naisten korkeamman koulutuksen puolesta. Oppilailleen hän kertoi kannustavia tarinoita tuntemistaan ulkomaalaisista naistähtitieteilijöistä, kuten Caroline Herschelistä ja Mary Somervillestä. Päiväkirjassaan Maria Mitchell kirjoitti: ”Naiset eivät kehity ennen kuin he luopuvat kunnioituksestaan auktoriteetteja kohtaan. Kun he tekevät niin, kun he saavuttavat totuuden omien tutkimustensa kautta epäilyjen johtaessa heidät keksintöihin, heidän saavuttamansa totuus on heidän omansa ja heidän mielensä jatkaa eteenpäin kahlitsemattomana.”



Vassar Collegen osaksi koitui monien muiden pienten oppilaitosten kohtalo. Henkilökunnan voimavarat kuluivat tyystin opetustyöhön, eikä tutkimukseen enää jäänyt voimavaroja. Parhaat oppilaista siirtyivät suurempien ja menestyksekkäämpien laitosten palkkalistoille. Maria Mitchellin seuraajakseen valitsema *Mary Whitney* oli hakenut oppinsa Vassarin lisäksi Harvardista ja Zurichistä. Itse palkkaamansa tutkimusopiskelijan *Caroline Furnessin* avulla hän yritti parhaansa mukaan tasapainottaa opetustaakkaa ja tutkimusintoaan. Lukuvuonna 1906—07 he opettivat kahdeksaa eri tähtitieteen kurssia kaikkiaan 160 oppilaalle. Tämän lisäksi Whitneyn vapaa-aika kului sairaan äidin ja sisaren hoitamiseen. Whitney kuvailee tyypillistä työpäiväänsä eräässä vuosikertomuksessa seuraavasti: ”Jatko-opiskelija teki havaintotyötä joka ilta kun teleskooppi ei ollut varattuna opetustarkoituksiin. Usein, kirkkaiden ilmojen oltua harvassa, hän käyttä putkea iltakymmenen. Sen jälkeen neiti Furness ja minä ryhdymme omaan erityistyöhömmme, jonka parissa jatkamme aamuyhteen tai -kahteen.” Enimmäkseen Vassarissa havaittiin komeettoja tai pikkuplaneettoja. Myöhemmin keskityttiin muuttuviin tähtiin. Whitneyn kaudella observatorion henkilökunta julkaisi kaikkiaan 102 tähtitieteeseen liittyvää artikkelia tai muuta kirjoitusta, mikä oli varsin runsas sato niin pieneltä collegelta.

Vassarin observatorion kaukoputki ei soveltunut tähti valokuvaukseen, mutta sen sijaan observatoriolla oli tähtivalokuvien mittaustyöhön tarkoitettu laite. Ne oppilaat, jotka valmistuttuaan siirtyivät muualle tähtitieteelliseen työhön, palkattiin yleensä tekemään juuri tähtivalokuvamittauksia ja niihin liittyviä laskuja. Tähtitieteellisten observatorioiden johtajat kirjoittivat usein suoraan *Mary Whitneylle* ja kysyivät, löytyisikö Vassarista ”älykkäitä, tarkkoja ja nopeita” laskijoita. Mikäli vastavalmistunut naistähtitieteilijä toivoi vaativampaa työtä, hän havaitsi mahdollisuutensa varsin rajoitetuiksi. Mount Wilsonin observatoriossa naisia ei päästetty havaitsemaan kaukoputkella. Tätä perusteltiin erityisesti naisille tarkoitettujen tilojen puuttumisella. Vasta niin myöhään kuin 1960-luvulla naiset pääsivät yötöihin Mount Wilsonissa.

Mary Wagner -niminen Vassarin opiskelija kirjoitti Harvardin observatorion johtajalle E.C. Pickeringille 1893. Wagner halusi tehdä käytännön havaintotyötä: ”Minulla on tarkka silmä; olen käyttänyt teleskooppia, mikroskooppia ja spektroskooppia aika paljon.” Vastauksessa todettiin ettei havaintotyötä valitettavasti ollut tarjolla, sen sijaan toimistotyötä ja rutiinilaskentaa riitti. Wagner otti työn vastaan ja teki sitä pari kuukautta, kunnes palasi kotiinsa huolehtimaan sairaasta äidistään. Myöhemmin hän otti uudelleen yhteyttä observatorioon kysellen jälleen havaintotyötä. ”Olisin tyytyväinen jos voisin käyttää kaukoputkea iltaisin ja kuluttaa neljä tuntia päivittäin taulukointiin.” Wagneria ei kuitenkaan otettu enää töihin. Hän valitti eräässä myöhemmässä kirjeessään: ”Sydämeni särkyy, kun ajattelen puurakennel-

maa, jota niin suurella mielenkiinnolla seurasin vankilani [laskusali] ikkunasta. Haluaisin tietää, onko kaukoputki jo sijoitettu paikoilleen. Ellen olisi ollut niin köyhä, olisin ilomielin omistautunut sille, sillä pidän havaintotyöstä ja minulla on tarkka silmä. Mutta astronomia on jätettävä varakkaiden käsiin ja minun on ryhdyttävä johonkin muuhun, mistä voin ansaita elantoni.” Mary Wagnerista tuli ensin matematiikan ja fysiikan opettaja, kunnes hän avasi Poughkeepsissä majatalon, jota hän hoiti 20 vuotta.

Naiset tekivät merkittävän osan lasku- ja mittaustöistä monissa observatorioissa eri maissa. Helsingissä palkattiin laskijanaisia suurta kansainvälistä tähtitaivaan valokuvakartoitusohjelmaa *Carte de Ciel* varten. Tämä monta vuosikymmentä kestänyt tehtävä työllisti vuodesta 1893 alkaen pitkälti toistakymmentä naista, yleensä 3 kerrallaan. He suorittivat valokuvalevyjen mittaukset ja osan taulukoinnin vaatimista laskuista. Näistä naisista kahdeksan (Nanny Helin, M. Biese, O. Sederholm, H. Stenbäck, Gurli Helin (myöh. Sundberg), A. Sohlström, Ringa Helin (myöh. Holm) ja F. Hasselström) työskenteli Helsingin observatoriossa kukin vähintään seitsemän vuotta. Nanny Helin oli mukana noin neljän vuosikymmenen ajan. Gurli ja Ringa Helin suorittivat myös vaativampia laskelmia. Kahdella naisista oli akateeminen loppututkinto.



Helsingin observatorion laskijanaisia työssään. O. Sederholm takana vasemmalla levynmittauskoneen ääressä tutkimassa valokuvia, oikealla laskutehtävissä M. Biese ja Nanny Helin. Edessä E. Wessel ja R. Furuholm. Valokuva on observatorion kokoelmista.



Helsingin observatorion laskijanaisia.

Helsingissä otettuja tähtivalokuvia lähetettiin naisten mitattavaksi ja laskettavaksi aina valtameren tuolle puolen. Kun New Yorkin Columbian yliopiston Harold Jacoby ja Kapkaupungin J. Gill ehdottivat Helsingin observatorion esimiehelle Anders Donnerille taivaannavan tähtien paikkojen selvittämistä valokuvausmenetelmin, Donner lähetti Jacobylle tarvittavat Helsingissä otetut valokuvat. Marraskuussa 1895 päivätyssä kirjeessään tämä kertoo, miten hän on saanut rahaa nuoren naisen [Mrs. Herman S. Davis] palkkaamiseen. ”Sen lisäksi olen alkanut harjoittaa Mrs. [Annie Maclear] Jacobya mittaamaan levyjä ja elättelen mitä suurimpia toiveita siitä, että saan hänet mittamaan napalevyt. Suunnitelmani mukaan molemmat naiset auttaisivat toisiaan. ... Tällä lailla molemmat projektit etenisivät nopeasti vaikkamme saisikaan lisärahoitusta, sillä Mrs. Jacobylle ei tietenkään makseta.”

Harold Jacoby ehdotti, että Mary Whitneyn assistentti Caroline Furness tutkisi Vassarissa tarkemmin joitakin navanympärysaluetta esittäviä levyjä. Jacoby raportoi Donnerille ahkerasti työn edistymisestä. Caroline Furness laati mittauksistaan väitöskirjan. Sen perusteella hän sai 1900 tohtorinarvon Columbian yliopistosta. Väitöskirja esitti asteen päässä navasta sijaitsevien tähtien luettelon ja uudella menetelmällä lasketun Helsingin observatorion kaukoputken optisen vääristymän. Aikanaan hänestä tuli Mary Whitneyn seuraaja Vassarin observatorion tähtitieteen professorina.

Harvardin observatorion tähdet:

Fleming, Maury, Cannon ja Leavitt

Harvard Collegen observatorio Yhdysvalloissa oli naistähtitieteilijöiden tärkein työllistäjä. Se palkkasi eniten naisia ja aikaisemmin kuin muut, jotka seurasivat Harvardin esimerkkiä. On ymmärrettävää että naiset suorittivat parhaan panoksensa Harvardissa. Muutamilla heistä oli siellä mahdollisuudet jopa luovaan tieteelliseen työhön.

Ensimmäiset Harvardin palkkaamista naisista olivat henkilökunnan perheenjäseniä. *Selina Cranch Bond*, observatorion ensimmäisen johtajan tytär joutui pahaan rahapulaan huonosti hoidettujen perintöasioiden vuoksi ja joutui pyytämään palkallista laskutyötä observatoriolta. Ensimmäiset naislaskijat redusioivat meridiaaniympyrällä tehtyjä havaintoja standardikoordinaateiksi. Tämä tehtiin sijoittamalla havaintoarvot tiettyyn muunnoskaavaan ja laskemalla tulokset logaritmitaulujen ja yhteenlaskun avulla. Nämä naiset olivat 1800-luvun ”eläviä tietokoneita”.

Vuonna 1887 observatorion johtajaksi tullut Edward Charles Pickering havaitsi nopeasti naisten hyödyllisyyden. Hän oli naisia kohtaan herrasmiesmäisen kohtelias ja huomaavainen ja arvosti näiden ahkeruutta ja työn kohtuullista hintaa. Hän jakoi auliisti neuvoja naiskoulujen johtajille ja rohkaisi naisopiskelijoita ja harrastajia tähtitieteen saralle. Vuonna 1916

Pickering perusti naisille tarkoitetun tähtitieteen jatko-opiskeluapurahan. Vaikka Pickering uskoikin, että naisille oli paikka varattu tähtitieteellisessä tutkimustyössä, se paikka oli taulukoiden ääressä. Moni kunnianhimoinen nainen sai tuntea mahdollisuuksiensa rajat perin ahtaiksi.

Vuodesta 1886 lähtien naisten työmahdollisuudet lisääntyivät merkittävästi Harvardissa. Observatoriossa aloitettiin tähtien spektroskooppiset valokuvaustutkimukset. Työn oli aloittanut varakas lääkäri-tähtitieteilijä Henry Draper. Hänen vaimonsa Anna oli toiminut miehensä apulaisena, muttei tämän kuoltua pystynyt saattamaan työtä päätökseen.

Henry Draper oli ottanut valokuvia yksittäisten tähtien spektreistä. Pickering muutti käytettyä tutkimusmenetelmää. Kaukoputken objektiivin eteen asetettiin prisma niin että valokuvalevyille muodostui useiden tähtien pieniä spektrejä. Näitä sitten tutkittiin suurennuslasin avulla. Yhdellä levyllä saattoi olla satojakin tähtiä, jotka oli luokiteltava niissä näkyvien kemiallisten aineiden viivojen perusteella tuolloin vasta muotoutumassa olevien periaatteiden mukaisesti. Työn aloitti *Nettie Farrar*, mutta sitä jatkoi *Williamina Fleming* Farrarin jättäessä työnsä avioliiton solmittuaan. Luokitusurakan saattoi päätökseen *Annie J. Cannon*. Aikalaisselonteon mukaan nämä naiset eivät ainoastaan luokitelleet spektrejä vaan ”lisäksi he pitivät kirjaa havainnoistaan, redusoivat tutkittujen kohteiden koordinaatit, etsivät valokuvatut kohteet erilaisista luetteloista löytyvien tähtien joukosta ja lopulta he tarkistivat tuloksensa vertaamalla valokuvaa suoraan tähtikarttaan”.

Koska varoja oli käytettävissä suhteellisen runsaasti, palkattiin vuosina 1885—1900 kaikkiaan 21 naista laskutöihin. Noin puolet näistä oli saanut työhönsä koulutusta. Eräälle paikanhakijalle ilmoitettiin: ”Tavallisen aritmetiikan tuntemus ja selkeä käsiala ovat kaikki mitä laskijalta vaaditaan, vaikka tietysti mitä enemmän matematiikkaa ja kieliä osaa sen parempi.” Palkka oli 25 senttiä tunnilta. Työtä tehtiin seitsemän tuntia kuutena viikonpäivänä. Parhaat laskijat ansaitsivat 600 dollaria vuodessa. Tämä oli vähemmän kuin opettajien palkka (noin 900 dollaria vuodessa). Miehille maksettiin laskutyöstä sama palkka kuin naisille. Siksi mieslaskijoita ei juuri ollutkaan. Havaintotyötä tekevät assistentit olivat järjestään miehiä ja ansaitsivat runsaat 800 dollaria vuodessa. Vertailun vuoksi voidaan mainita, että asumiskustannukset ylläpitöineen olivat noihin aikoihin neljättäsataa dollaria vuodessa.

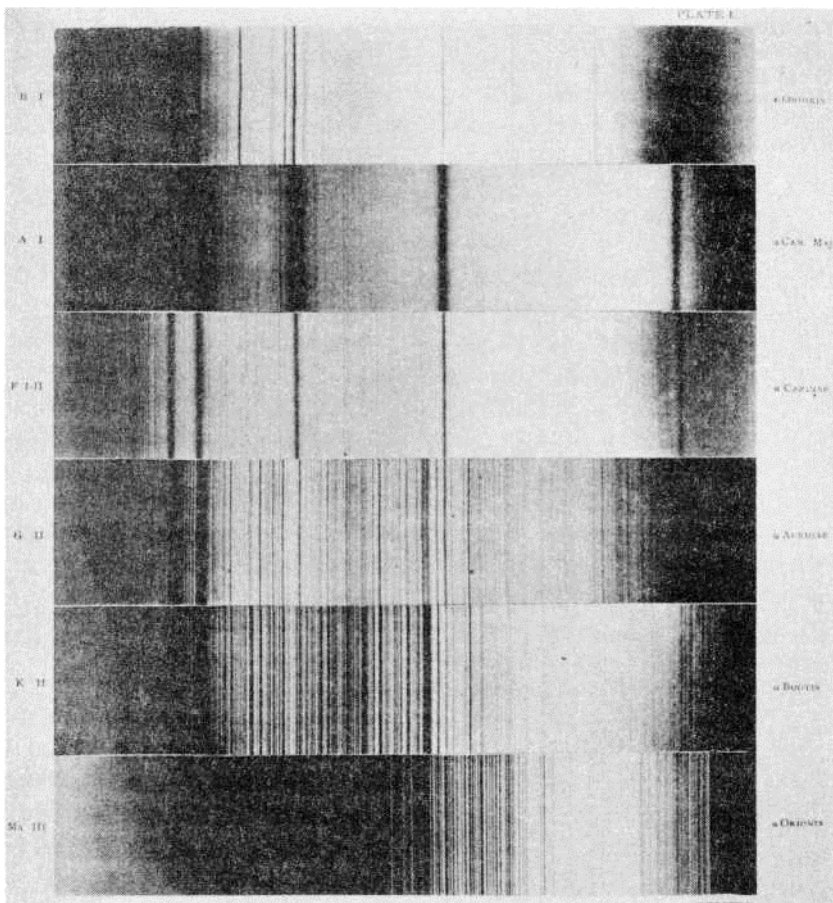
Koska Harvard ei pystynyt kilpailemaan optisten havaintojen suhteen paremmissa näkyvyysoloissa sijaitsevien observatorioiden jättikaukoputkien kanssa, siellä erikoistuttiin luettelointiin. Harvadin valokuvalevykokoelma oli vuosisadan vaihteessa maailman paras. Naisten osuus tämän suuren tietomäärän käsittelyssä oli ratkaiseva. 1900-luvun puolella heidän tekemänsä rutiinityö kävi yhä vaativammaksi ja laskijanaisten peruskoulutukselle alettiin asettaa entistä suurempia vaatimuksia.

Edward C. Pickering
(1846—1919), Harvardin
observatorion johtaja,
osasi käyttää nais-
työvoimaa hyväkseen
tutkimustyössä.



"Pickeringin haaremi"
johtajansa ympärillä.
Mestarillisenä spektri-
luokittelijana tunnettu
Annie J. Cannon on toi-
nen vasemmalta. (Harvard
College Observatory)





Harvardin observatorion tyypispektrejä Annie J. Cannonin laatimasta eteläisen pallonpuoliskon kirkkaiden tähtien luettelosta (*Annals of Harvard College Observatory, Voi. 28*).

Pickeringin ihanteena oli tehdä mahdollisimman laajaan lähdeaineistoon perustuvia tutkimuksia mahdollisimman vähin alkuoletuksin. Naiset sopivat tällaiseen statistiseen työhön loistavasti. Muutamat heistä, nimenomaan Antonia Maury, joutuivat kuitenkin ristiriitaan Pickeringin pyrkimysten kanssa halutessaan laatia omia teorioitaan.

Williamina P. Fleming (1857—1911) tausta poikkesi muista kuuluisista Harvardin naisista. Hän oli kotoisin Skotlannista, missä hän oli työskennellyt opettajana. Vuonna 1878 hän muutti miehensä kanssa Yhdysvaltoihin. Vuoden päästä aviomies lähti omille teilleen, ja Williaminan oli etsittävä

ansiotyötä. Hän pääsi taloudenhoitajaksi Pickeringin perheeseen. Tähtitieteilijä Dorrit Hoffleitin kuulema perimätieto kertoo, miten Pickering oli juuri ottanut käyttöön objektiiviprismamenetelmänsä. Hän kuitenkin hermostui siihen kömpelyyteen, jolla assistentit käsittelivät valokuvaalevyjä. Pickeringin sanotaan poistuneen observatoriorakennuksesta ovia paiskoen ja huutaen, että jopa hänen skotlantilainen piikansakin pystyisi parempaan. Ja niin Fleming sai paikan. Tarina lienee suurimmalta osalta keksitty, sillä Pickeringin papereista käy ilmi, että Fleming teki aluksi yksinkertaista laskutyötä, kunnes hänet harjaannutettiin Nettie Farrarilta keskenjääneisiin spektritutkimuksiin.

Tuolloin oli käytössä roomalaisen jesuiittaisän, Pietro Angelo Secchin kehittämä spektriluokitus, jossa tähtien spektrit jaettiin karkeasti neljään luokkaan niissä näkyvien kirkkaimpien spektriviivojen mukaan. Fleming pyrki erottamaan useampia alaryhmiä, joita sitten käytettiin 1890 julkaistun Henry Draperin luettelon 10 498 tähden luokitteluun. Yleensä tähdet on siinä arvioitu osuvasti, vain muutamat tulokset ovat virheellisiä valokuvauslevyn heikkolaatuisuuden yms. tekijöiden takia.

Fleming löysi työnsä kuluessa 10 novaa, yli 300 muuttuvaa tähteä ja 59 sumua. Lisäksi hän havaitsi lukuisia tähtiä, joilla oli tavallisuudesta poikkeava spektri. Tulokset julkaisi yleensä Pickering, joka sitten kiitteli esipuheessa tutkimustyön tekijää.

Myöhemmin Flemingistä tuli vähemmän pidetty laskutöiden johtaja. Hän toimi Pickeringin sihteerinä korjaten observatorion julkaisujen oikovedoksia.

Pickering halusi Flemingin luokitusjärjestelmään parannuksia. Tätä varten otettiin muutamista kirkkaista tähdistä yksityiskohtaisempia spektrikuvia. Teleskoopin eteen asennettiin kaksi prismaa niin että viivojen suhteelliset voimakkuudet näkyivät valokuvassa varsin hyvin. Työ annettiin *Antonia Maury* (1866—1952) suoritettavaksi. Tämä oli Henry Draperin veljentytär. Maury käytti luokitustyössään hänestä fysikaalisesti luontevinta kaksiulotteista järjestelmää. Toisena ulottuvuutena oli spektriviivojen leveys ja terävyys. Harvardissa tätä ratkaisua ei arvostettu. Pickering ei halunnut voimavaroja uhrattavan työhön, jossa hänestä ei ollut mitään mieltä. Luokitusta ei otettu Harvardissa käyttöön, ja Maury lähti observatoriosta omille teilleen. Kirjeissään Pickeringille hän esitti vaatimuksen, että hänen tuloksensa oli julkaistava työn tekijän omalla nimellä. Pickering vastasi, että observatorion tapana oli ollut kiittää tekijöitä näiden suorittamasta työstä. Tästä vakuutuksesta huolimatta Antonia Maury oli ensimmäinen nainen, jonka nimi painettiin Harvardin observatorion annaalien (28. osa, 1897) nimiösivulle. Williamina Flemingin nimi oli muutamaa vuotta aiemmin mainittu yhdellä ainoalla rivillä Henry Draperin luettelon esipuheessa.

Maury ja Pickeringin huonoja välejä kuvastaa kirje, jonka Maury'n isä kirjoitti Pickeringille erään riidan jälkeen. Siinä sanotaan: ”Minun tuskin

tarvinnee korostaa teille, että vaikka tyttäreni työskentelee Observatoriossa, hän on hieno nainen ja hänellä on hienon naisen tunteet ja oikeudet. Olen varma, ettette toivo loukkaavanne niistä kumpiakaan.”

Mauryn tuntenut tähtitieteilijä Dorrit Hoffleit totesi, ettei Pickering osannut oikein arvostaa Maurya omaperäisenä tutkijana. Cecilia Payne-Gaposchkin, tunnetuin Harvardissa työskennelleistä naisista, tapasi Antonia Mauryn tämän myöhempinä elinvuosina. Hän sai sen vaikutelman, että tästä huokui hyljeksitty ilmapiiri: ”Pidin hänestä kovasti, mutta hän vain puhui, puhui ja puhui. Hänen lähellään ei voinut työskennellä, niin suuri oli hänen tarpeensa puhua. Hän kaipasi itselleen kanavaa. Hänen piti saada keskustella. Kukaan ei koskaan ollut kuunnellut häntä, eikä kukaan ollut luullakseni vastannut hänen esittämiinsä tieteellisiin kysymyksiin.”

Antonia Mauryn spektriluokitus ennakoi myöhempää tähtien Hertzsprungin—Russellin diagrammia, missä tähtien absoluuttinen kirkkaus esitetään niiden yksiulotteisen spektriluokan funktiona. Samaa yksiulotteista spektriluokkaa olevat tähdet voivat olla keskenään fysikaalisesti erilaisia. Ejnar Hertzsprung kirjoitti 1908 Pickeringille vastalauseensa Mauryn luokituksen toisen dimension hylkäämisestä: ”On tuskin liioiteltua väittää, että nyt käyttöön otettu spektriluokitus on suunnilleen samanarvoinen kuin kasvitiede, joka jakaisi kukat luokkiin niiden koon ja värin perusteella. Mielestäni tähtispektrien c-ominaisuuksien jättäminen huomioon ottamatta on sama asia kuin jos eläintieteilijä, havaittuaan valaan ja kalan välisen oleellisen eron, yhä jatkaisi niiden luokittamista samaan ryhmään kuuluviksi.”

Antonia Maury teki myös tutkimuksia spektroskooppisesta kaksoistähdessä beta Lyraesta. Spektroskooppiset kaksoistähdet ovat tähtiä, joita ei voida havaita kaksoistähdiksi muuten kuin spektriviivojen jaksoittaisesta kahtiajakautumisesta tähtien kiertäessä toistensa ympäri, jolloin niiden spektreistä näkyy ns. dopplersiirtymä. Pickering oli havainnut ensimmäisen tällaisen kaksoistähden 1889. Maury havaitsi toisen pian tämän jälkeen. Hän kulutti vuosia erityisen kompleksisen beta Lyraen tarkkailemiseen kykenemättä selittämään sen viivojen voimakkuuden epäsäännöllistä muuttumista. Nykyisin tiedämme, että kyseinen kaksoistähti muodostuu tähdistä, jotka ovat niin lähekkäin, että ainetta virtaa tähdessä toiseen. Maury vieraili Harvardissa vuosittain 82-vuotiaaksi saakka seuratakseen lempitähtiensä kuulumisia.

Mauryn jälkeen luokitustyön otti käsiinsä *Annie Jump Cannon* (1863—1941). Hän oli jo ehtinyt paneutua eteläisen pallonpuoliskon kirkkaiden tähtien spektreihin Mauryn tutkiessa pohjoisen pallonpuoliskon tähtiä. Annie Cannon sai oman osuutensa valmiiksi vuosia ennen Maurya. Cecilia Payne-Gaposchkin kertoo: ”Näiden kahden työn ero oli heijastusta tekijöidensä tieteellisestä asenteesta. Miss Cannon oli luokittelun mestari. Hänelle sopi hyvin, että muut hoitivat tulkitsemisen, ja hänelle luettaneen ansioksi, että hän oli aina valmis iloitsemaan heidän löydöstensä johdosta. Miss



Annie J. Cannon, nykyisin käytössä olevan tähtien spektriluokittelun laatija.

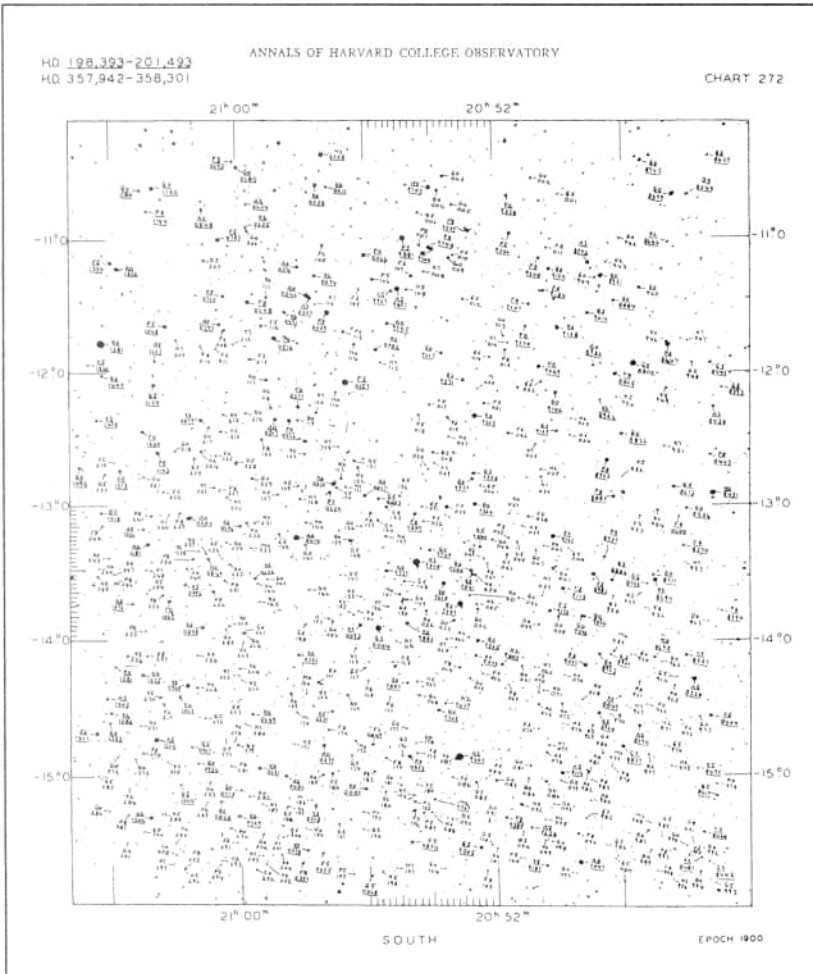
Maury poti intohimoista ymmärtämisen tarvetta; hänellä oli analyysin taito, joka sai hänet aavistamaan vuosikymmeniä myöhemmin löydettyjen kirkkaus-kriteerien olemassaolon. Hänen silmänsä olivat yhtä herkäät yksityiskohdille kuin Miss Cannonin, mutta hän hidasti aina asioita kysymällä, mitä ne tarkoittivat.”

Annie J. Cannonin luokittelutaidon tuloksena syntyi yhdeksän osaa laajaa tähtispektrien Henry Draper -luetteloa. Projekti oli hyvin suunniteltu. Luokitusjärjestelmästä oli sovittu, valokuvat olivat valmiina. Annie Cannon luokitteli viidessä vuodessa neljännesmiljoona tähtispektriä, monet niistä useammin kuin kerran. Luokitukset hän teki uskomattoman muistinsa ja harjaantuneisuutensa avulla keskimäärin kolmen tähden minuuttivauhilla. Kerrotaan hänen sanelleen tietoja apulaiselle niin nopeasti kuin tämä pystyi merkitsemään niitä muistiin.

Payne-Gaposchkin, joka yhdessä vaiheessa työskenteli samojen tähtispektrien parissa, kertoo toisinaan pitäneensä mahdottomana, että kukaan saattoi nähdä näissä valokuvalevyyn ”pikkuriikkisissä tahroissa” tarpeeksi luokitukseen tarvittavia yksityiskohtia. ”Joskus saatoin jopa löytää Miss Cannonin numeroita kohdista, joissa itse kykenin erottamaan vain himmeän läiskän. Usein vein hänen tarkasteltavakseen levyn, jonka hän oli luokitellut vuosia sitten, ja pyysin häntä vahvistamaan jonkin tähden spektriluokan. Kertaakaan hänen tutkimuksensa ei antanut aihetta muuttaa alkuperäistä arviota.” Ainoat Annie Cannonin luokituksista löydetyt varsinaiset virheet

ovat pieniä systemaattisia poikkeamia himmeiden sinertävien tähtien spektri-luokissa, kun tähtienvälisen punertumisen vaikutusta ei vielä tuolloin osattu ottaa huomioon. Tällaisten tähtien luokat ovat varhaisempia kuin Cannonin niille arvioimat.

Cannonin käyttämä luokitus oli erilainen kuin Flemingin ja Mauryn. Hän tarkasteli aluksi tähtien spektrejä niin kauan että päätyi yksilotteiseen, jatkuvaan luokitukseen. Siinä Flemingin luokat oli järjestetty sarjaksi, joka



Sivu Annie J. Cannonin "Henry Draper Extension" -luettelon 2. osasta. Tähtien luokittelu oli varsin kärsivällisyyttä vaativaa työtä. (Annals of Harvard College Observatory, Vol. 112.)

perustui Mauryn suorittamiin havaintoihin spektrien ominaisuuksista. Näille luokille Cannon antoi kirjaimet O, B, A, F, G, K, M ja kunkin niistä hän jakoi kymmeneen alaryhmään. Tämä on suurin piirtein nykyään käytössä oleva tähtien spektriluokitus.

Annie Cannonin työ ei suinkaan ollut pelkkää rutiinia. Hänen luettelonsa muodostivat pysyvän puhtaasti havaitsevan tähtitieteen monumentin, joka kesti lujempaan kuin varhaiset yritykset tulkita spektrejä. Cannon ei ainoastaan istunut kirjoituspöytänsä ääressä valokuvia tutkien vaan teki omaakin havaintotyötä. Vuonna 1922 hän matkusti Peruun tarkkailemaan omin silmin eteläisen pallonpuoliskon tähtitaivasta. Päiväkirjat kertovat työn olleen uutteraa sielläkin: ”Työskentelin melkein koko päivän ja 5¼ tuntia yöllä pitäen silmällä kolmea kaukoputkea.”

Annie Cannon oli lapsuudestaan saakka huonokuuloinen. Kerrotaan hänen ottaneen kuulokojeensa rauhallisesti pois silloin kun hän halusi häiritsemättä keskittyä työhönsä. Myös Henrietta Leavitt oli melkein umpikuuro.

Huolimatta Cannonin nauttimasta kansainvälisestä maineesta kesti vuoteen 1938, ennen kuin hän sai vakinaisen viran observatoriossa. Siihen saakka hän oli ollut yksi palkollinen muiden joukossa.

Henrietta Leavitt (1868—1921) oli opiskellut Radcliffe Collegessa. Pickering palkkasi hänet Harvardiin 1902 ja antoi kyvykkääksi osoittautuneelle uudelle työntekijälle valokuvaukselliseen fotometriaan liittyviä tehtä-

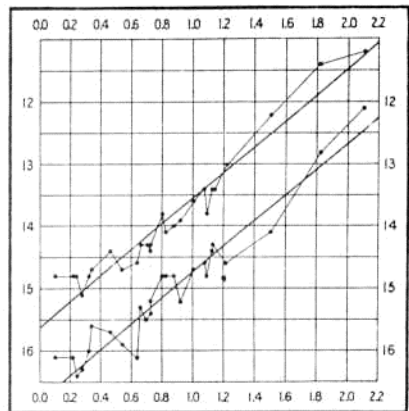
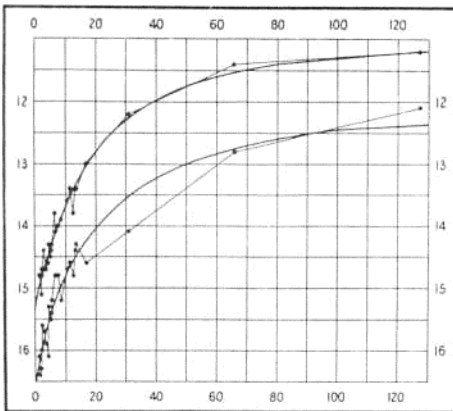


Henrietta Leavitt löysi kosmisten tikapuitten tärkeän askelman.

viä. Fotometriassa pyritään mittaamaan tähdestä tulevan säteilyn määrää ja arvioimaan sen ominaisuuksia.

Tähden kuva valokuvauslevyllä ei ole suoraan verrannollinen sen näennäiseen kirkkauteen, vaan riippuu tähden väristä ja käytetyn laitteiston asettamista rajoituksista. Leavittin oli aluksi määrättävä sarja vertailutähtiä navan-ympärysalueelta. Näiden perusteella piti sitten ryhtyä arvioimaan muiden tähtien kirkkauksia. Myöhemmin Leavittin tehtäväksi annettiin tutkia väri-indeksejä. Ne ilmaisevat tähtien suuruusluokan eroja eri säteilyn aallonpituuksilla. Leavittin oli lisäksi määrättävä eri kaukoputkilla saatujen tulosten korjauksia, niin että eri laitteilla saadut tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia. Cecilia Payne-Gaposchkinin mukaan oli käsittämätöntä, että Pickering saattoi vaatia Leavittilta näin paljon. Työ oli sekä hankalaa että turhauttavaa tuloksellisuudestaan huolimatta. Itse Payne ei yrityksistään huolimatta nähnyt mitään järkeä observatorion kirjavan laitteiston väriherkkyyssärien viidakon järjestämisessä, vaan piti työtä toivottomana. ”Oli ehkä viisasta antaa valokuvauksellisen fotometrian ongelmat juuri Miss Leavittin tutkittavaksi... Mutta se oli myös kovaa, sillä näin tuomittiin loistava tutkija vastentahtoiseen työhön ja hidastettiin muuttuvien tähtien tutkimuksen kulkua monella vuosikymmenellä.”

Henrietta Leavittin oma mielenkiinto kohdistui muuttuviin tähtiin, joita hän oli alkanut löytää Magellanian pilvistä. Uransa aikana Leavitt löysi kaikkiaan 2 400 muuttuvaa tähteä, mikä oli puolet tuolloin tunnetuista muuttujista. Määrittäessään 1912 eräiden muuttujien jaksoja hän huomasi, että niiden jakson ja kirkkauden välillä oli yhteys. Nämä nimenomaiset tähdet sijaitsivat kaikki Pienessä Magellanian pilvessä. Leavitt veti tästä hyvin



Henrietta Leavittin jakso-kirkkausrelaatio Pienen Magellanian pilven 25 muuttuvalle tähdelle 1912. Pystyakselilla näennäinen valokuvauksellinen suuruusluokka, vaakakselilla vasemmalla muuttujan jakso päivinä, oikealla jakson logaritmi. Kirkkaus on verrannollinen jälkimmäiseen.

tärkeän johtopäätöksen: ”Koska muuttujat ovat luultavasti kaikki samalla etäisyydellä Maasta, niiden jaksot ovat ilmeisesti yhteydessä niiden todellisuudessa säteilemään valomäärään, joka määräytyy niiden massasta, tiheydestä ja pintakirkkaudesta.” Nämä muuttujat olivat kefeidejä, kirkkaita ylijättiläisiä, joita kyetään erottamaan aina lähigalakseissa asti. Jos tunnettiin todellinen etäisyys johonkin meitä lähellä sijaitsevaan muuttujaan ja siis sen todellinen kirkkaus, voitiin Leavittin keksimän riippuvuuden ansiosta määritellä galaksien ja tähtijoukkojen etäisyyksiä niissä havaittujen muuttujien avulla. Tämä oli ratkaiseva askel kosmisten lähietäisyyksien mittaamisessa.

Henrietta Leavitt ei itse päässyt tekemään näin pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Häneltä ei suinkaan puuttunut kykyä, vaan tilaisuus tehdä omaa työtään. Payne-Gaposchkin toteaa: ”Hän oli kyvykkäin kaikista Harvardin tutkijoista vuosisadan vaihteessa, mutta Pickering oli diktaattori ja hänen sanansa oli laki. Hän käsitti, kuten Shapley hänen jälkeensä, että muuttujien tutkiminen voi johtaa tarkkoihin ja merkityksellisiin tuloksiin ainoastaan kun se perustuu tarkkaan fotometriaan.” Ejnar Hertzsprungin työksi jäi periodiluminositeetti (jakso-kirkkaus) -käyrän kalibroiminen. Pickeringin seuraaja Harlow Shapley käytti sitä hyväksi määrittessään Linnunradan kokoa.

”Pickeringin haaremi” ristittyjen tähtitieteilijänaisten joukko sai Harvardissa osakseen parhaat naisille tuolloin tarjolla olleet mahdollisuudet. Mutta kukaan heistä ei olisi rehellisin mielin kyennyt toteamaan Harvardiin 1920-luvulla siirtyneen Cecilia Payne-Gaposchkinin tavoin: ”Kukaan toinen kuolevainen ei milloinkaan ole tehnyt älyllisiä päätöksiä puolestani.”

Cecilia Payne-Gaposchkin ja maailmankaikkeuden rakennusaineet

Caroline Herschelin ja Mary Somervillen tähtitieteelliset harrastukset rohkaisivat muita englantilaisia naisia luomaan silmänsä öiselle taivaalle. Naisia käytettiin Englannissa laskuapulaisina suhteellisesti vähemmän kuin esimerkiksi Yhdysvalloissa, sillä arveltiin muutaman vuoden pituisen jakson ikävää laskutyötä sopivan mainiosti vasta koulunsa päättäneille pojille.

Toki naisetkin tekivät laskutöistä osansa. Ehkä tunnetuin laskija oli *Edith Bellamy*, joka palkattiin 1912 johtamaan Vatikaanin osuudeksi tulleita *Carte du Ciel* -luetteloiden laskentatöitä. Tästä hänelle myönnettiin tunnustukseksi paavin hopeinen ansiomiteli. Mainittakoon, että Pariisin osuus *Carte du Ciel* -ohjelmasta tarjosi naisastronomille vieläkin vastuullisemman toimen. Amerikkalaissyntyinen *Dorothea Klumpke* nimittäin johti erityistä Pariisin observatorioon perustettua laskentatoimistoa vuosina 1891—1901.

Koska Englannissa tähtitieteen opinnot olivat osa matematiikkaa, tähtitieteen yliopistokurssit olivat pitkään monien naisten ulottumattomissa. Tähtitieteilijäksi tultiin yleensä suorittamalla palkattua havaintotyötä observatorioissa. Kun Kuninkaallinen tähtitieteellinen seura, tähtitieteilijöiden yhtey-

denpidon keskeisin kanava Englannissa, avasi ovensa naisille vasta 1915, on ymmärrettävää, että naiset hakeutuivat sankoin joukoin tähtitieteellisiin harrastusseuroihin. Vuodesta 1890 lähtien British Astronomical Association tarjosi harrastelijoille mahdollisuuden tehdä havaintoja kokoneiden jaostonhoitajien johdolla. Naiset havaitsivat auringonpilkkuja, auringonpimennyksiä, meteoreja, muuttuvia tähtiä jne. Vuosina 1910—20 *Fiammetta Wilson* teki kaikkiaan 10 000 meteorihavaintoa. Hän jatkoi niitä maailmansodan aikana välittämättä ilmassa lentelevistä pommisirpaleista ja siitä, että öisin taskulampun kanssa häärivää naista alettiin pitää saksalaisten vakoojana.

Cambridgen yliopistossa fysiikkaa, kasvitiedettä ja kemiaa opiskellut nuori *Cecilia Payne* (myöh. Payne-Gaposchkin, 1900—79) sai herätyksen tähtitieteeseen 1919. Hän kertoo koulutyttönä kiihtyneensä mahdollisuudesta, että kaikki liike onkin suhteellista. Nämä tunnelmat palasivat hänen mieleensä hänen kuunnellessaan tähtitieteen professori Eddingtonin auringonpimennysretkikunnan tulosten julkistamista yliopiston suuressa juhlasalissa. Hän kertoo itse:



Cecilia Payne-Gaposchkin laski väitöskirjaansa varten maailmankaikkeuden alkuaikakokostumuksen. Hän löysi runsaasti vetyä ja heliumia, joiden määrin johtavat tähtitieteilijät eivät heti uskoneet.

”Suuri sali oli ääriään myöten täynnä. Puhuja oli hoikka, tumma nuorukainen... Hän selosti meille kansantajuisesti suhteellisuusteorian pääpiirteet, mihin hän kykeni paremmin kuin kukaan muu. Hän kuvaili Lorentzin—Fitzgeraldin kontraktiota ja Michelsonin—Morleyn koetta seurauksineen. Hän siirtyi Einsteinin ennustamaan tähtien kuvan siirtymiseen Auringon reunan lähellä ja kuvaili, miten ennustus on todennettu. Maailmankuvani mullistui täysin. Tunsin jälleen sen ukkosenjyrähdysten, joka oli seurannut oivallusta, että kaikki liike on suhteellista. Palatessani huoneeseeni havaitsin kykeneväni kirjoittamaan luennon muistiin sana sanalta... Kolmeen yöhön en luullakseni nukkunut. Maailmani oli niin mullin mallin, että tunsin kokeneeni eräänlaisen hermoromahduksen.”

Seuraavana päivänä Cecilia Payne ilmoitti opintoviranomaisille pääaineen vaihdoksesta. Fysiikan pääaineopiskelijana hän saattoi seurata myös tähtitieteen luentoja. Ennen pitkää kaikki hänen aikansa kului tähtitieteellisten havaintojen parissa, niin että hän suoritti tutkintonsa fysiikassa lähinnä onnen kaupalla.

Rutherfordin pitämällä fysiikan jatkokurseilla hän oli ainoa nainen. Tuon-aikaisten sääntöjen mukaan hänen oli istuttava yksinään eturivissä. ”Aikoinaan minulla olisi pitänyt olla mukana ’esiliina’, mutta luoja kiitos ajat olivat muuttuneet. Rutherford aloitti jokaisen luennon tuijottamalla minuun merkitsevästi, kun kerran istuin aivan hänen nenänsä edessä, ja aloitti puheensa kaikuvalla äänellään: ’Hyvät naiset ja herrat.’ Kaikki pojat ottivat tämän nokkeluuden vastaan jyrisevin suosionosoituksin, polkemalla jalkojaan perinteiseen tapaan, ja joka luennolla toivoin että maa nielisi minut sisäänsä.”

Fysiikan laboratoriotöissä Ceciliaa kierrätettiin yhdeltä haluttomalta ohjaajalta toiselle. Tämän tuloksena hän oppi onnettoman vähän kokeellista fysiikkaa. Sen sijaan tähtitiedettä Cecilia Payne oppi niin paljon kuin suinkin. Kuultuaan, että yliopiston observatoriossa järjestettäisiin yleisöiltä, hän riensi sinne. Kun hän näki kaukoputkessa kaksoistähdessä, jonka tähdet olivat erivärisiä, hän kysyi observatorion apulaiselta, miten tämä oli mahdollista. Kysymyksiin kyllästynyt nuorukainen pakeni jättäen kaukoputken Cecilian haltuun. Mies riensi professori Eddingtonin työhuoneeseen hakemaan apua tukalaan tilanteeseensa: ”Tuolla on nainen joka tekee kysymyksiä.” Eddington, yksi vuosisadan suurista tähtitieteilijöistä, kiiruhti neuvomaan. ”Hetki oli tullut, enkä tuhlaannut aikaa. Lipsautin suustani, että toivoin voivani tulla tähtitieteilijäksi. Silloinko vai myöhemmin hän antoi vastauksen, joka piti uskoani yllä monien vastusten edessä: ’En näe mitään voittamatonta estettä.’”

Cecilia Payne kuunteli Eddingtonin luentoja suhteellisuusteoriasta, radan-määrityksestä ja tulosten redusoinnista. Smart luennoi taivaanmekaniikasta ja kuuteoriasta, Stratton astrofysiikasta.

Naisille tarkoitettun Newnham Collegen pihalta Cecilia löysi pitkään

käytön puutteessa seisseen pienen kaukoputken. ”Löysin planeettojen sulot — kuka voikaan unohtaa ensi silmäyksensä Jupiterin kuihin tai Saturnuksen renkaisiin? Aloin organisoida yleisönäytöksiä, tehdä havaintoja muuttuvista tähdistä ja merkitä niiden vaihteluita muistiin. Jätin paikalle muistikirjan, johon panin kehotuksen, että jokaisen kaukoputken käyttäjän oli tehtävä nimikirjoituksella varustettu ja päivätty havaintomerkintä kirjaan. Ihmettelenpä, montako havaintoa kirjaan on lisätty lähtöni jälkeen?”

Kun oppiminen ei enää riittänyt, Cecilia meni Eddingtonin luo ja pyysi lupaa ryhtyä tutkimustyöhön. Eddington tutki tuolloin tähtien sisäistä rakennetta. Cecilia sai tehtäväkseen integroida mallitähden ominaisuudet kerroksittain, kun sisäosien olosuhteet oletettiin tunnetuiksi. ”Ryhdyin toimeen innokkaana. Ongelma vainosi minua päivin ja öin. Muistan eloisan unen, että olin Betelgeuzen keskipisteessä ja että sieltä käsin katsottuna ongelma oli vesiselvä. Mutta päivänvalossa asia näytti erilaiselta. Jonkin ajan päästä mieleeni juolahti, että voisi olla kiintoisaa tarkastella pyörivää tähteä. Niinpä syöksyin innolla pinnalle, jolle enkelitkin varoisivat astumasta. Tietysti juutuin ratkaisemattomiin ongelmiin tähden pinnalla. Viimein vein keskeneräisen ratkaisuni Eddingtonin nähtäväksi ja kysyin miten pääsisin pulasta. Hän hymyili sanoen: ”Olen yrittänyt ratkoa samaa ongelmaa jo vuosia.””

Tämän jälkeen Cecilia Payne ryhtyi tutkimaan avoimen tähtijoukon M36 lähistöllä sijaitsevien tähtien ominaisliikkeitä. Kun tuli aika redusoida mittaukset, työn ohjaaja neuvoi häntä käyttämään pienimmän neliösumman menetelmää. Cecilia ei kehdannut millään myöntää, ettei ollut ikinä kuullutkaan koko menetelmästä. Hän meni kirjastoon ja pyysi lainaksi Gaussin teoksia. Hänen mielialansa laski, kun hänen eteensä ladottiin viisi valtavaa saksankielistä volyymia. Lopulta laskuongelma kumminkin selvisi, ja Cecilian ensimmäinen tieteellinen artikkeli julkaistiin.

Cecilian kanssa Cambridgessa ystäväystynyt uusiseelantilainen tähtitieteilijä L. J. Comrie oli noihin aikoihin lähdössä Yhdysvaltoihin. Hän kertoi Cecilialle, että Atlantin toisella puolella naiselle avautuisivat paljon laajemmat mahdollisuudet tähtitieteelliseen tutkimustyöhön kuin Englannissa. Toukokuussa 1922 Cecilia kuuli Kuninkaallisen tähtitieteellisen seuran 100-vuotisjuhlaistunnossa nuoren amerikkalaisen Harlow Shapleyn (Pickeringin seuraaja Harvardin observatorion johtajana) esitelmöivän. Cecilia päätti lähteä nimenomaan Harvardiin. Tämän tekivät mahdolliseksi vuoden opiskelustipendi ja suosituskirjeet, joista yhdessä vakuutettiin, ettei Miss Payne ollut niitä naisia, jotka luopuvat urastaan avioliiton vuoksi. Cecilia nousi laivaan syyskuussa 1923.

Harlow Shapley oli johtajana yhtä omapäinen kuin Pickering. Shapleylla oli selkeä kuva Cecilia Paynen paikasta Harvardissa. Hän pyrki muokkaamaan tästä edesmenneen Henrietta Leavittin työn jatkajan valokuvauksellisen fotometrian kehittäjänä. Aluksi Cecilia kuitenkin laati amerikkalaisen

Harlow Shapley
(1885—1972), Pic-
keringin seuraaja
Harvardin obser-
vatorion johtajana.



korkeakoulututkinnon mukaisen väitöskirjan, joka käsitteli tähtien atmosfäärejä. Cecilia Payne oli ensimmäinen nainen, joka väitteli Harvardissa pääaineenaan tähtitiede. Hänen 1925 ilmestynyt väitöskirjaansa on kutsuttu tähtitieteen historian etevimmäksi väitöskirjatyöksi.

Shapleyn sanotaan harjoittaneen työntekijöidensä kesken hajota ja hallitse - politiikkaa. Kun hän halusi Harvardiin lahjakkaan nuoren Donald Menzelin, oli aluksi puhetta, että Cecilia luopuisi spektreistä kokonaan, jotta Menzel saisi tutkia niitä rauhassa. Sitten spektrit jaettiin tutkijoiden kesken niin, että Menzel sai kylmät, Cecilia Payne kuumat tähdet, ja kumpikin tunsu varpailleen astutun. Vasta paljon myöhemmin, Shapleyn kuoltua, molemmat tutkijat havaitsivat menettäneensä toisissaan mitä parhaan yhteistyökumppanin.

Intialainen astrofysikko M. N. Saha oli esittänyt, että tähtien lämpötila ja

paine määräisivät atomien ionisaation tähtien atmosfääreissä. Koska eri lailla ionisoituneet atomit absorboivat säteilyn tiettyjä aallonpituuksia, voitiin tähtien spektrien perusteella arvioida tähtien olotilaa. Saha oli päätenyt lämpötila-asteikkoon eri spektriluokkien tähdille. Tähtien kehityksen tutkijana kuuluisaksi tullut Henry Norris Russell oli ehdottanut, että tähtien spektrejä voitaisiin käyttää sellaisten ionisaatiopotentiaalien (elektronien irrottamiseen atomeista tarvittavien energiamäärien) havaitsemiseen, joita ei voitu helposti mitata maanpäällisissä koeolosuhteissa.

Cecilia Payne aloitti tutkimuksensa tarkastelemalla piin neljää ensimmäistä ionisaatiotilaa vastaavien viivojen suhteellista voimakkuutta eri spektriluokissa. Tämän jälkeen hän tarkasteli hiilen ja heliumin viivoja. Kaikki nämä tutkimukset johtivat johdonmukaiseen kuumien tähtien lämpötila-asteikkoon. Lisäksi hän laski joukon alkuaineiden ionisaatiopotentiaaleja. Menzel oli tällä välin saanut oman noin 20 kylmän tähden spektrivoimakkuudet sisältävän työnsä valmiiksi. Tämä jätti Cecilia Paynelle vapaat kädet tunkeutua spektriluokituksen kylmään päähän. Pian hänellä oli koossa 100 vastaavaa tähteä tältä alueelta.

Näiden tietojen pohjalta Cecilia Payne ryhtyi nyt tekemään johtopäätöksiä alkuaineiden suhteellisista määristä tähdissä. Kanadalainen tähtitieteilijä H. H. Plaskett oli arvellut, että vaikeudet sijoittaa kuumimpia ns. O-tähtiä lämpötila-asteikolle johtuivat niiden vaihtelevasta koostumuksesta. Cecilia halusi mitata spektriviivojen voimakkuuksista, miten paljon tähdissä oli eri alkuaineita.

Aikoinaan oli uskottu, että kaikkien taivaankappaleiden koostumus olisi suunnilleen sama. Meteoriittien oli havaittu sisältävän alkuaineita suunnilleen samassa suhteessa kuin oman planeettamme aineksen. Arveltiin yleisesti, että myös tähdet olivat koostumukseltaan samanlaisia, ainoastaan kuumempia.

Joulukuussa 1924 Cecilia Payne lähetti Henry Norris Russellille alustavat tuloksensa tähtien alkuainekoostumuksesta. Laskelmissaan hän oli hyvin huolellisesti käyttänyt edustavaa spektrikokoelmaa, niin että kaikki spektrit oli kuvattu samalla laitteella ja sama havaitsija oli mitannut ne. Tulokset olivat hätkähdyttäviä. Raskaiden metallien suhteellinen määrä oli samantapainen kuin Maassa, mutta heliumia oli tähdissä paljon enemmän, kuten jo Plaskett oli todennut. Vetyä Payne löysi noin miljoona kertaa enemmän kuin Maan pintakerros sisältää. Näin ollen tähdet olisivat koostuneet lähes yksinomaan vedystä ja heliumista ja muut alkuaineet esiintyisivät vain pieninä epäpuhtauksina.

Tämä kuulosti uskomattomalta. Russell ei kyennyt hyväksymään tuloksia, vaan kirjoitti Paynelle niiden olevan mahdottomia. Hän ehdotti ongelman ratkaisuksi ”välitiloja”, jotka vääristivät tuloksia. Kun Paynen tulokset ilmestyivät alkuvuodesta 1925, hän esitti tuloksensa sellaisina kuin oli ne



H. N. Russell (1877—1957), jonka mielipide sai nuoren Cecilia Paynen pitämään käänteentekeviä tuloksiaan "melkein varmasti epä-todellisina".

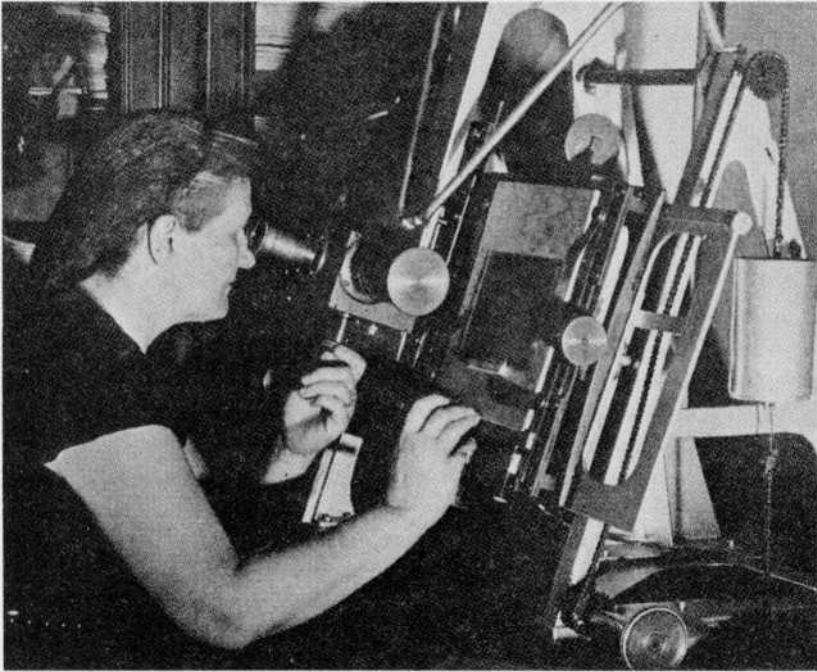
laskenut ja totesi, että vedyn ja heliumin määrä oli "epätodennäköisen korkea ja melkein varmasti epätosi". Russellin kaltaisen kuuluisan ja arvostetun tähtitieteilijän ehdoton mielipide oli saanut Paynen luopumaan johtopäätöksestä, jonka nyt tiedämme oikeaksi: tähdet koostuvat ennen kaikkea vedystä ja heliumista.

Payne julkaisi tuloksensa ja kielteisen johtopäätöksensä 1925 ilmestyneen väitöskirjansa *Tähtien atmosfäärit* viimeisessä luvussa. Tässä väitöskirjassa esitettiin tähtien atmosfäärien koko silloin tunnettu teoria ja tulokset yhtenä kokonaisuutena alkaen Bohrin tuolloin tuoreesta atomi teoriasta. Hän esitteli spektriviivojen ja tähden fysikaalisen olotilan välistä riippuvuutta, Sahan ionisaatioteoriaa sekä tähden lämpötilojen määrittelemistä viivojen maksimi-

intensiteetistä. Väitöskirjan kaikki 600 kappaletta myytiin loppuun kolmessa vuodessa.

Ajan mittaan astrofysikot alkoivat vakuuttua tähtien suurista vetypitoisuuksista. Vuonna 1926 Russell ja *Charlotte E. Moore* päättelivät vedyn olevan Auringossa yleisempää kuin Maassa. 1928 Albrecht Unsöld sai vedylle ja kalsiumille hieman erilaisin menetelmin samoja tuloksia kuin Payne. Vuoteen 1929 mennessä Russell oli jo niin vakuuttunut tähtien vetypitoisuudesta, että julkaisi artikkelin, jossa vertaili omia tuloksiaan Paynen vastaaviin. Hän ei viitannut sanallakaan siihen, miten Payne oli kieltänyt omien tulostensa todellisuuden, tai Russellin omaan osuuteen asiassa.

Olisi saattanut luulla, että Paynella oli nyt edessään loistava ura spektrien tutkijana. Shapleylla oli kuitenkin hänen varalleen toisia suunnitelmia. Shapley halusi omalle Linnunradan muuttuvien tähtien ohjelmalleen vankan fotometrisen pohjan. Tämän työnsä perusteella hän toivoi voivansa kartoittaa galaksimme rakenteen. Cecilian omin sanoin: ”Voi rakkaita spektrejäni! Oli kovaa jättää ne ja kääntyä standardifotometrian kuiville aavikoille. Mutta niin suuri oli kiintymyksen! johtajaa kohtaan etten kieltäytynyt, vaan ryhdyin loputtomaan aherrukseen... Osoittautui että yritys oli loppujen lopuksi hedel-



Cecilia Payne-Gaposchkin työssään 1946.

mätön, sillä uudet fotoelektriset menetelmät olivat alkaneet vallata alaa ennen kuin vanhat olivat tuottaneet mitään tulosta.”

Vaikka Cecilia Payne ymmärsikin hyvin, että standardifotometria muodosti tähtitieteen vankan perustan, hän ei loppujen lopuksi pitänyt itseään oikeana ihmisenä sen tutkimiseen. ”Jos työlläni on ollut arvoa, se arvo on muodostunut ennestään erillisten tosiasioiden yhteensaattamisesta ja niiden säännönmukaisuuksien näkemisestä. Sellainen työ edellyttää hyvää muistia ja mielikuvitusta, joilla kummallakaan ei ole paljoa annettavanaan standardifotometrialle. Olen kenttätutkija, en maanmittari. Siksi tuhlasin paljon aikaa. Opin taas jotakin: uskollisuus ja kiintymys eivät ole riittävä edellytys tutkimustyölle.”

Nämä olivat vain osa Cecilia Paynen kohtaamista hankaluuksista. Hänen työsuhteensa oli alusta pitäen poikkeavaa laatua. Ainoana Harvardin naisista hän työskenteli stipendin turvin. Myöhemmin, kun observatorio alkoi maksaa hänelle, palkka oli surkea. Tämä kävi erityisen selvästi ilmi Cecilia Paynen saadessa työtarjoituksen muualta. Hänen palkkaansa nostettiin kiireesti. Korotettu vuosipalkka oli satoja dollareita alle miespuolisten luennoitsijoiden alkupalkan. Cecilia Payne toimitti Harvardin kaikkia julkaisuja parinkymmenen vuoden ajan. Sen sisäksi hänen oli opetettava useita tähtitieteen kursseja, joita ei lainkaan painettu Harvardin opinto-ohjelmaan, koska hän ei ollut yliopiston virassa.

Kun Donald Menzel aikoinaan tuli Shapleyn jälkeen observatorion esimieheksi, hän kauhistui Cecilian pientä palkkaa ja nosti sitä heti ja myöhemmin vielä kaksinkertaisti sen. Menzel piti myös huolen siitä, että Ceciliasta tuli 1956 ansaitusti tähtitieteen professori. Tämä totesi myöhemmin kokemustensa viisastuttamana: ”Naisena oleminen on aineelliselta kannalta ollut haitta. Siihen liittyy kokemuksia pienestä palkasta, tunnustuksen puutteesta, hitaasta etenemisestä... Kysymys on ollut — ei parhaimpien vaan itsepäisimpien eloonjäämisestä.”

Vuonna 1933 Cecilia Payne teki kiertomatkan Pohjois-Euroopan observatorioihin. Matkalla Pulkovaan hän poikkesi Suomeen, missä outo kieli hämmästytti häntä. Helsingissä hän sai maastamme varsin määrän muiston vajotessaan yllättäen rantavesiin matkalla Tallinnan lautalle. Göttingenissä pidetyssä Astronomische Gesellschaftin tapaamisessa hän kohtasi nuoren venäläissyntyisen tähtitieteilijän Sergei Gaposchkinin, joka oli natsi-Saksassa kipeästi pakomahdollisuuden tarpeessa. Cecilia otti nuorukaisen siipiensä suojaan, järjesti tälle viisumin Yhdysvaltoihin ja työpaikan Harvardissa. 1934 Cecilia Paynesta tuli Payne-Gaposchkin. Avioliitto ei aina ollut aivan harmoninen laadultaan, sillä Sergei Gaposchkin sai ammatillisissa ristiriitatilanteissa aina väistyä tunnetumman vaimonsa tieltä.

Sergei Gaposchkin ja Cecilia Payne-Gaposchkin ryhtyivät yhdessä tutkimaan muuttuvia tähtiä. He julkaisivat 1938 systemaattisen selvityksen kai-

kista tunnetuista 10. suuruusluokkaa kirkkaammista muuttujista. Heidän johtamansa 30-henkinen tutkimusryhmä teki toista miljoonaa muuttujahavaintoa Harvardin valokuvakokoelmista. Tuloksia Cecilia käytti Linnunradan rakenteen ja tähtien kehityksen tarkasteluun teoksessaan *Variable Stars and Galactic Structure* (Muuttuvat tähdet ja galaksin rakenne, 1954) ja *The Galactic Novae* (Galaktiset novat, 1957). Vielä 1960-luvulla hän jatkoi miehensä kanssa muuttujien tutkimista. He tekivät yli kaksi miljoonaa näköhavaintoon perustuvaa arviota Magellanin pilvien muodostaman ”tähtien kehdon” noin 3 000—4 000 muuttujasta. Elämänsä loppuvuosina Cecilia Payne-Gaposchkinilla oli tapana sanoa, että jos hän olisi nyt uransa alussa, hän valitsisi tutkimuskohteekseen muuttuvat tähdet.

Cecilia Payne-Gaposchkinin ohje nuorille, jotka pyysivät hänen neuvojaan, ja erityisesti nuorille naisille oli seuraava: ”Älä ryhdy tieteelliselle uralle maineen tai mammonan toivossa. On helpompia ja parempia keinoja päästä niihin käsiksi. Ryhdy sille vain ellei mikään muu voi antaa sinulle tyydytystä, sillä mitään muuta tuskin tulet saamaan. Palkintosi on oleva näköalojesi avartuminen matkalla ylöspäin. Ja jos saavutat tämän palkinnon, et pyydä muuta.”

Maailman taloudenhoitajat

Kodinhoitajista kotitaloustieteen tohtoreiksi

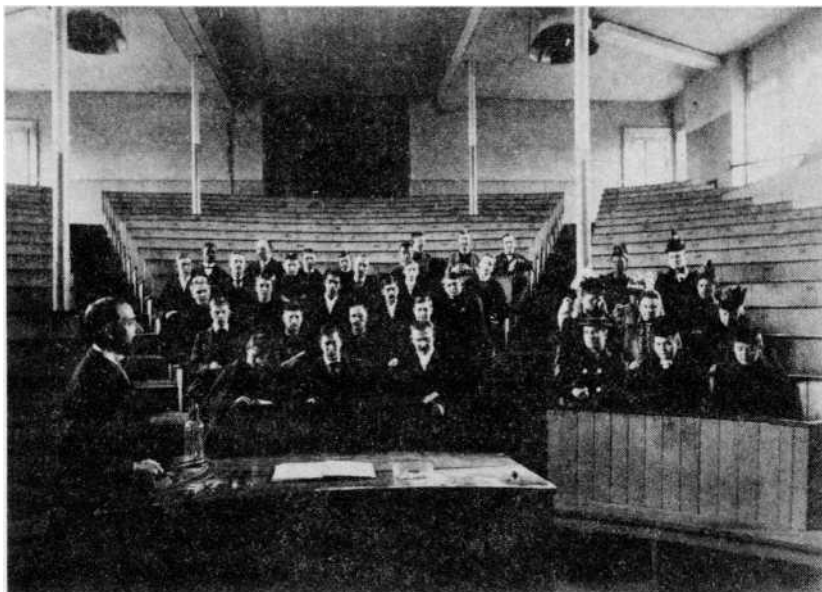
Viimeisen puolentoista vuosisadan aikana naisten koulutusmahdollisuudet ovat muuttuneet rajusti. Tätä muutosta on kartoitettu laajimmin Yhdysvalloissa, josta tuli vähitellen johtava maa koulutuksen alalla. Emme seuraa sen yksityiskohtaisemmin naisten kamppailua sivistyksen porttien avaamiseksi, vaan keskitymme tilanteisiin luonnontieteiden opetuksessa ja tutkimuksessa.

Historioitsija Margaret Rossiter on tutkinut tiedenaisten aseman muutosta Yhdysvalloissa 1940-luvulle asti. Hän näkee tilanteen varsin ristiriitaisena. Kun naistutkijoiden ensimmäinen sukupolvi oli tehnyt pioneerityönsä yliopistossa, jäivät toinen ja kolmas sukupolvi puolustamaan jo saavutettuja asemiaan. Samaan aikaan tiedeyhteisö kasvoi ja laajeni pullataikinan tavoin, niin että naisten suurimmatkin edistysaskeleet alkoivat muistuttaa paikoillaan polkemista.

Amerikkalaiset naissivistyksen puolestapuhujat olivat perustelleet vaatimuksiaan naisen jalolla kasvatustehtävällä. He järjeilivät, että äitien oli oltava korkeasti koulutettuja voidakseen kohentaa valtion sivistyksen tilaa lastensa kautta.

Ensimmäisen oppinsa naiset saivat seminaareissa, sitten Yhdysvalloissa perustettiin naisille college-tasoisia oppilaitoksia. Tällainen oli edellisessä luvussa mainittu Vassar College. Koulutettujen naisten lukumäärän ja opillisen tason lisääntyessä oli ratkaistava, mitä työtä vastaleivotut tiedenaiset ryhtyisivät tekemään. Menestyksekkäätkään opinnot eivät taanneet tutkijan uraa opintojen päätyttyä. Tohtoritasoisista naisista saattoi tulla opettajia, kotirouvia ja alipalkattuja tai jopa palkatta työskenteleviä tutkimusapulaisia.

Ekologian äidiksi kutsuttu *Ellen Swallow Richards* (1842—1911) oli oiva esimerkki lahjakkaasta naisesta, jonka oli mukauduttava aikakautensa muottiin. Ellen Swallow oli Vassar Collegien ensimmäisiä oppilaita. Tutkinnon suoritettuaan hän pyrki turhaan kemistiksi. Häntä neuvottiin opiskelemaan Massachusetts Institute of Technologyssa (MIT), joka ei vielä tuolloin ottanut naisopiskelijoita. Ellen Swallow oli ensimmäinen. Hänet nimettiin 1870 ”erikoiskokeeksi” jonka menestyksestä riippuisi, ottaisiko MIT kirjoihinsa muita naisia. Koe onnistui ja MIT:n ovet avattiin naisille 1877. Ellen Swallow ei joutunut erikoisasemansa vuoksi maksamaan lukukausimaksuja. Siihen ja 1873 suoritettuun alempaan tutkintoon hänen MITiltä saamansa



Fysiikan luento Michiganin yliopistossa n. 1890. Naisopiskelijat istuvat miehistä erillään. (Michigan Historical Collections, Bentley Historical Library, University of Michigan)

etuudet loppuivat. Swallow ei yrityksistään huolimatta saanut korkeakoulua myöntämään itselleen tohtorinarvoa. MIT:n kemianosasto oli uusi, eikä haluttu, että sen ensimmäinen tohtorinarvo annettaisiin naiselle.

Ellen Swallow nai 1875 vähemmän merkittävän mineralogin Robert Richardsin. Monen muun tiedenaisen tavoin hän vaali huolella miestänsä ja tämän uraa. Ellen Swallow Richards toimi miehensä tutkimusapulaisena ja teki omia töitään vasta toissijaisesti. Nämä omat työt olivat urauurtavaa laatua. Vuonna 1887 Ellen Swallow Richards teki Massachusettsin osavaltiossa veden puhdistusmittausten sarjan, joka on edelleen laajuudessaan vailla vertaa. Ekologiaksi ristimäänsä tieteeseen hän yhdisti monia osa-alueita. Hän teki kokeita selvittääkseen veden, ilman, valaistuksen ja ravinnon sekä niissä esiintyvien epäpuhtauksien vaikutusta ihmiseen. Hän yritti vähentää tuolloin varsin yleisiä teollisuusräjähdyksiä kehittämällä polttoöljyn testausmenetelmiä. Hän kehitti myös tieteellisen teollisuuden käyttöön soveltuvan tuuletusjärjestelmän. 1883 hänestä tuli terveystekninen luennoitsija MIT:iin. Siellä hän lienee pitänyt maailman ensimmäisen kurssin ympäristönsuojelutekniikasta.

Ellen Swallow Richardsin määrittelemää ekologia-tiedettä ei tunnustettu erikoistumista korostavassa vuosisadan vaihteen tiedeyhteisössä. Niinpä hän joutui valitsemaan itselleen uuden suotuisamman kohderyhmän, naiset.

Ekologia muuttui ”kodin ekologiaksi”. Siitä kehittyi naisten ala, kotitaloustiede. Tämän uuden tieteenalan tutkijat ja professorit olivat naisia, eikä sen paikka tieteiden hierarkiassa ollut kovinkaan korkea. Ellen Swallow’n uutena pyrkimyksenä oli modernin tieteen kaikkien saavutusten yhdistäminen kodinhoidossa. Koti oli hänestä yhtä tärkeä ympäristö kuin tehdas ja koulukin. Ellen Swallow pyrki uudistamaan ravitsemusajattelua terveellisempään suuntaan. Hän suunnitteli terveysterioita ja köyhimmille kansalaisille tarkoitettuja halpoja mutta ravitsevia ruokia.

Swallow ei masentunut siitä, että hänet oli tiedenäisena pyrkimyksineen lakaistu syrjään MIT:ssa. Hän perusti sinne 1876 maailman ensimmäisen opetuslaboratorion naisille. Siellä naisopiskelijat saivat harjoitella hänen johdollaan kemiallisten analyysien tekoa sekä harjoittaa teollisuuskemiaa, mineralogaa ja biologiaa käytännössä. Kotirouville Ellen Swallow piti kirjeenvaihtokurssia. Hän kirjoitti:

”Nainen oli alun perin keksijä, käsityöläinen, elättäjä. Hän on antanut yhden toimen toisensa jälkeen liukua käsistään, kunnes hänellä on heikossa otteessaan jäljellä enää kodinhoito. Luovuttuaan näin yksi kerrallaan töistä, jotka edellyttävät tietoja raaka-aineista, työmenetelmistä sekä niiden käsittelyn edellyttämistä taidoista..., hän tuntee oikeutustasi, että jäljellä on pelkkää tylsyttävää raadantaa ja että pakoontäpääsy tästä tilasta on elintärkeää hänen yksilölliselle hyvinvoinnilleen.”

Ellen Swallow’n hengessä teki työtä *Alice Hamilton* (1869—1970), joka tutki teollisuuspölyn haittavaikutuksia ihmisiin. Monet varhaiset työterveysäädökset Yhdysvalloissa olivat hänen ansiotaan.

Tohtorintutkinnon merkitys urakehitykseen kasvoi Yhdysvalloissa voimakkaasti vuosisadan vaihteessa. Sitä alettiin käyttää pätevyysvaatimuksena monia virkoja täytettäessä. Naiset, jotka eivät olleet saaneet lupaa suorittaa tohtorintutkintoa, eivät myöskään kyenneet hakemaan niitä virkoja, joihin kyseistä tutkintoa edellytettiin. Taistelu tutkinto-oikeudesta saattoi kuluttaa naistutkijan voimat tyystin. Parhaat onnistuivat, mutta menestyksen henkilökohtainen hinta oli usein kohtuuton.

Saksalaisen tieteen kukoistuskaudella Saksassa suoritettut tutkinnot olivat korkeimmassa kurssissa, niinpä kunnianhimoisimmat naiset suuntasivat sinne. Aluksi vain Zurichin yliopisto myönsi naisille tutkintotodistuksia. Monet eurooppalaiset, varsinkin venäläiset naisopiskelijat kerääntyivät Sveitsiin. Vaativimmat amerikkalaiset ja englantilaiset tekivät pyhiinvaellusmatkoja Göttingeniin, Heidelbergiin ja muihin maineikkaisiin saksalaisyliopistoihin. Moni halusi olla ensimmäinen Saksassa tohtoriksi vihitty nainen. Sofia Kovalevskajalle oli aikoinaan myönnetty tohtorinarvo Göttingenissä, mutta hän ei ollut opiskellut siellä päivääkään. Sen sijaan englantilainen *Grace Chisholm* (myöh. Young, 1868—1944) onnistui saavuttamaan Felix Kleinin suojeluksen. Chisholm sai 1893 luvan seurata matematiikan luentoja Göttingen-

genissä. Hän suoritti tutkintonsa ongelmitta 1895. Grace Chisholm oli lahjakas matemaatikko, jonka voimavarat kuluivat tyystin vaativan matemaatikkoaviomiehen ja kuusilapsisen perheen hoitamiseen. 1905 ilmestyneen geometrian alkeita esittelevän lastenkirjan ilmestyttyä hän ei julkaissut sanaakaan matematiikan alalta ennen miehensä Intian matkaa 1914. Sen kestäessä Grace kirjoitti kokonaisen artikkelisarjan differentiaalilaskennan perusteista.

Saksalainen tiedeyhteisö oli monessa suhteessa amerikkalaista konservatiivisempi. Erityisiä naisten kouluja ei Saksassa kehittynyt. Kesti vuoteen 1908 ennen kuin saksalaiset naiset saivat yleisen oikeuden opiskella yliopistoissa. Oikeus korkeimman tutkinnon suorittamiseen saavutettiin vasta 1918.

Tutkinnon suorittaneet, usein ylikoulutetut naiset alkoivat 1910-luvulle tultaessa kolkutella yhä useampien työpaikkojen ovia. Teollisuuden piirissä kohtelu oli kovinta. Siellä naisten oli turha tarjota tutkintotodistuksiaan työnantajien luettavaksi tai selittää olevansa ”erikoistapauksia”, naisten parhaimmistoa. Teollisuuden palkkaamien naisten valtaosa ajautui elintarviketeollisuuden palvelukseen, sihteereiksi ja kirjastonhoitajiksi. Valtion palvelukseen otettiin naisvaltaisilta tieteenaloilta terveydenhoitoon erikoistuneita naistutkijoita. Useimmat naiset sijoituivat luonnontieteiden opettajiksi naisten collegeihin tai alempiin oppilaitoksiin, tutkimusapulaisiksi, museoamanuensseiksi, kirjastojen ja arkistojen hoitajiksi sekä pienempiin hallintovirkoihin. Tyypillistä naisten työtä oli edellisessä luvussa kuvailtu tähtitie-



Grace Chisholm Young Göttingenin matemaattikkokokouksessa 1902. Kolmantena ja neljäntenä vasemmalta eturivissä istuvat kuulut matemaatikot David Hilbert ja Felix Klein.

teellinen rutiinilaskenta. Samantapaista oli luonteeltaan luonnonhistoriallisissa museoissa suoritettu työ. Naispuoliset apulaiset saattoivat luetteloida ja luokitella tonneittain kasvi- ja eläinnäytteitä. Näitä naisia pidettiin ahkerina, sitkeinä ja kärsivällisinä. Työvoimana he olivat erityisen halpaa suhteessa korkeaan koulutustasoon. Naisasiaa kiivaasti kannattanut Wellesley Collegen fysiikan professori Ellen Hayes totesikin, että ”naiset olivat tervetulleita erikoistumaan pullojen pesuun, laskemaan logaritmeja yhteen ja pyyhkimään näyttekappaleista pölyjä”.

Feministisesti ajattelevat tiedenaiset uskoivat, että vallitseva tilanne johtui siitä, ettei naisen asemaa tiedeyhteisössä juuri tunnettu. He uskoivat, että naisten asemaa ja suorituksia koskevat tutkimukset ja selvitykset johtaisivat asennemuutoksiin. Näin ei käynyt huolimatta tarmokkaista yrityksistä tarjota tutkittua tietoa katumuksen herättämiseksi suopeimpien miespuolisten kollegojen sydämissä. Huolimatta ankarista valistuskampanjoista amerikkalaisen naisluonnontieteilijän asemaa ei kyetty muuttamaan lainkaan.

Monenlaiset linalaisuudet pitivät tiedenaista paikoillaan. Jos nainen teki opetustyönsä erityisen hyvin, ei häntä suinkaan kiirehditty ylentämään, vaan arveltiin hänen sopivan erityisen hyvin nykyiseen toimeensa, jota hän sai ehkä hoitaa lopun ikäänsä. Jos tieteenala oli nopeassa kasvussa, ei naisilla ollut mahdollisuutta saada parhaita virkoja, vaan ne jaettiin miehille, samalla



Yhdysvaltain maatalousministeriön alaisen kasviteollisuuslaboratorion palvelukseen värvättiin runsaasti kasvitieteilijän koulutuksen saaneita naisia vaatimattomalla palkalla. Kuva vuodelta 1905.

kun alipalkattujen naispuolisten tutkimusapulaisten lukumäärä lisääntyi. Jos taas alan kehitys oli erityisen hidasta, ei virkoja vapautunut juuri koskaan, ja jälleen apulaisenvirat täytettiin naisten voimin, nämä kun kykenivät miehiä paremmin sietämään työtä, jossa ei etenemismahdollisuuksia ollut.

Margaret Rossiterin tutkimus paljasti ilmiön, jota kutsutaan ”Madame Curie -efektiksi”. Kunnianhimoisimmat naiset yrittivät pätevöityä alallaan niin perusteellisesti, ettei mitään syytä heidän hylkäämiselleen enää olisi pitänyt löytyä. Seurauksena oli kokonainen ylikoulutettujen naisten armeija. Sen taakkana oli todistaa yhä uudelleen naisen kyvyt tehdä tieteellistä tutkimustyötä. Mitä enemmän naiset vaativat itseltään, sen korkeammalle kynnys kohosi, kunnes yliopistot saattoivat vapaasti hylätä naispuolisen virantavoittelijan yksinkertaisesti siksi, ettei tämä ollut Marie Curien veroinen. Kun saksalainen *Hertha Sponer* haki virkaa Duke-yliopistosta, sai kuuluisa elektronien tutkija Robert Millikan aiheen lähettää yliopiston johdolle kirjeen. Millikan korosti, että yhteiskunnan tulevaisuus perustuu ”teräville nuorille *miehille*”, joiden työmahdollisuuksia ei missään nimessä saa vaarantaa antamalla virkoja naisille. Sillä on vain yksi Marie Curie, vain yksi Lise Meitner, päätteli Millikan, eikä Hertha Sponerin suositukseksi riittänyt se, että häntä pidettiin maailman kolmanneksi suurimpana naisfyysikkona. Tästä hyökkäyksestä huolimatta Sponer sai ansaitsemansa viran.

Yhteiskunnallisten olosuhteiden muutokset heijastuivat naistutkijoiden työtilanteessa. Ensimmäinen maailmansota avasi monille naisille työmahdollisuuksia siviiliassistentteina. Nämä naiset työskentelivät kemianteollisuudessa sekä tutkien, tähtäinten ja kartoituksen parissa. Perinteisimmillä naisten aloilla heille oli tarjolla ravitsemustilastojen ja muonitus suunnitelmien laadintaa ja psykologian alaan kuuluvia selvityksiä. Monet naiskeksijät patentoivat sodan kestäessä erilaisia aseistukseen liittyviä keksintöjään, mm. automaattipistooleja, sukellusvenemiinoja, rautatietorpedoja ja latauslaitteita.

Pulakauden kestävin vaikutus tiedenaisten elämään tuli Yhdysvalloissa 1932 säädetyistä säästäväisyysasetuksesta. Sen mukaan työvoimaa oli vähennettävä miespuolisten työntekijöiden puolisoista alkaen. Tämän seurauksena amerikkalaisten korkeakoulujen työvoimapolitiikassa kummittelivat vuosikymmeniä pula-ajan päättymisen jälkeen säädökset, joilla kiellettiin kahden aviopuolison palkkaaminen samaan työpaikkaan. Jos tiedenainen oli naimisissa samalla alalla työskentelevän miehen kanssa, nämä määräykset merkitsivät yleensä sitä, ettei naisella ollut toivoakaan palkatusta tutkimustyöstä, olipa hän miten kyyvykäs tahansa. Vuonna 1921 amerikkalaisista tiedenaisista 18.2 % oli naimisissa. Vuonna 1938 vastaava luku oli 26.4 % ja nousi jatkuvasti. Tutkimukset osoittivat, että naimisissa olevat naiset olivat selvästi useammin työttöminä kuin naimattomat.

Naisten ammattinimikkeet olivat saman tutkimuksen mukaan yleensä

varsin epämääräisiä: oli ”vierailevia tutkijoita” ja ”yksityistutkijoita” yms. Naisten osuus tiedeyhteisöstä ei juuri kasvanut kyseisenä ajanjaksona, vaan pysyi 10—15 % välillä. Vuonna 1938 tiedenaisista oli työttömänä 8,9 %, kun miesten vastaava luku oli 1,3 %, lähes kahdeksasosa. Eroja oli myös tieteenaloittain. Kun miesten kolme suosituinta tieteenalaa olivat kemia, tekniikka ja lääketiede, niin naiset puolestaan olivat valinneet useimmin kasvitieteen, eläintieteen ja psykologian.

Naisten asema ei ollut sen parempi erilaisissa tieteellisissä yhdistyksissä. Näiden jäsenkynnystä korotettiin usein rajoittamalla pääsyoikeus ”ammattimiehiä” varten. Jos ei enää löytynyt mitään syytä olla ottamatta naisjäseniä, voitiin naisten olo tieteellisessä yhdistyksessä tehdä tavalla tai toisella epämukavaksi. Niinpä Yhdysvaltain kemistiseura järjesti 1880 ”naisvihaajien päivällisen”, jonka seurauksena seuran ainoa naisjäsen katsoi parhaaksi erota. Suomen kemistiseura valitsi ensimmäiset naisjäsenensä 1902, mutta jäsenyydestä ei ehkä ollut heille mitään iloa, sillä muutaman vuoden kuluttua kyseiset naiset olivat jättäneet seuran oman onnensa nojaan. Tupakointiakin saatettiin käyttää keinona naisten häätämiseksi, sillä hieno nainen ei tupakoinut saati istunut iltaa sauhuttavissa herraseurueissa.

Erilaiset tunnustuspalkinnot ja rahalliset suosionosoitukset osuivat perin harvoin naisten osalle. Yhdysvalloissa naisjärjestöt perustivat omia ”pikkunobeileitaan” tukeakseen naisten tieteellisiä ponnistuksia. Tämä korosti jo ennestään suuntausta erityisille naisten aloille ja erityiseen naisten työhön tieteessä, johon taistelevan pioneerisukupolven seuraajat yllättävän nöyrinä alistuivat.

Suomalaisista naiskemisteistä

”planeettatyttöihin”

Helsingin yliopiston rehtori Edvard Hjelt tarkasteli naisten akateemisen taipaleen alkukokemuksia lukuvuoden avajaispuheessa 1902. Rehtori kiitteli suomalaisen naisen ominaisuuksia arvellen, että muualla esiintyvä, miesmäisiä tapoja apinoiva naistyyppi, ”tämä naisemansipaatiopyrkimyksen ruma ulkokuori”, ei koskaan voisi kotiutua Suomeen. Siinä oli hänen mielestään kyse uhmasta vallitsevia, naista painostavia epävakaita oloja vastaan. ”Käytäntö, katsomustapa taikka yhteiskuntaolot eivät voi meillä antaa aihetta moiseen”, päätteli Hjelt.

Vertailemalla naisten alanvalintoja rehtori totesi pioneerien jakautuneen tasaisesti eri tieteenaloille, mutta että nyt virta vei naisia voimakkaammin historiallis-kielitieteellisen osaston suuntaan. ”Kokemus naispuolisista opiskelijoista tuntuu osoittavan kyseisessä suhteessa, että historiallis-kielitieteellinen osasto on suotuisampi kuin fyysis-matemaattinen ja lähinnä eksaktit tieteet jälkimmäisessä, joiden opiskeluun naisella ei yleensä, ainakaan meillä, ole samoja edellytyksiä kuin miehillä.” Tilastot tuntuivat tukevan näitä

johtopäätöksiä. Kun 1893 noin puolet naisopiskelijoista kirjoittautui fysikaalis-matemaattiseen osastoon (lukuun sisältyvät myös myöhemmin lääketieteeseen erikoistuneet), niin 1903 ja 1923 vain noin 30 % naisista valitsi luonnontieteet. Samaan aikaan historiallis-kielitieteellisen osaston osuus kasvoi 36 %:sta noin 60 %:iin. Naisten suhteellinen osuus luonnontieteiden opiskelijoista laski kyseisenä ajanjaksona lähes puoleen alkuvuosien arvostaan.

Naisten tieteenalan valintaa ohjasi alussa pioneeri-innostus, myöhemmin työmahdollisuudet. Yliopistovirat olivat Suomessa kiven alla. Useimmat valmistuneista päätyivät oppikoulunopettajiksi tai elinkeinoelämän palvelukseen. Kuuluun Neovius-Nevanlinnojen matemaattikosukuun syntynyt *Alma Neovius* (myöh. Selander) oli ensimmäisiä matematiikkaa pääaineenaan lukeneita naisia. Hän suoritti kandidaattitutkintonsa 1883 ja työskenteli opettajana 1880—90. Sittemmin hänestä tuli Kalevan vakuutusmatemaatikko. Sama tulevaisuus oli monella muulla matematiikan opiskelijatyöllä, joiden nimiä löytyy erilaisten seurojen kokouspapereista. Ylioppilas *Sanny Söderhjelm* esitelmöi Suomen matemaattikkoyhdistykselle vuosisadan alku-



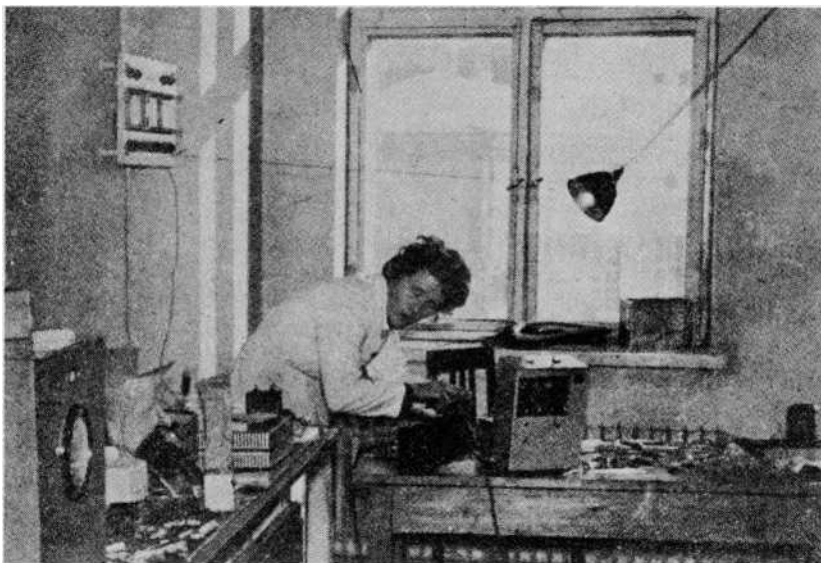
Suomalainen naiskemisti työssään vuosisadan vaihteessa. (Terje Enkvist: *The History of Chemistry in Finland 1828—1913*)

vuosina kultaista leikkausta luonnossa ja taiteessa käsitelleestä kirjasta. *Herta Vasenius* puhui matematiikan opiskelijoiden liiton kokouksessa Euklideen postulaatista ja geometrian järjestelmästä.

Kunnianhimoisimmat naiset ryhtyivät opiskelemaan kemiaa. Tohtorintutkinnon suorittanut *Signe Malmgren* (1874—?) jopa haki 1908 perustettua Helsingin yliopiston toista kemian professuuria. Hän kuitenkin putosi hakijoiden joukosta ensimmäisellä kierroksella. Signe Malmgren ja neiti *N. Sahlbom* valittiin vuonna 1902 Suomen kemistiseurana jäseniksi. Signe Malmgren ehti pitää siellä kaksi asetyylikamforia käsittelevää esitelmää. Suomen kemian historiikissaan 1828—1918 Terje Enkvist toteaa: ”Häpeällistä kylläkin, näyttää siltä ettei naisten annettu tuntee oloaan kotoisaksi seurassa, sillä muutaman vuoden kuluttua se oli vailla naisjäseniä.” Suomalaisen tiedeseuran julkaisuista löytyy vuosilta 1903—26 kaikkiaan noin 25 naiskemistin tutkimuksia. Vuonna 1918 kemistiseuralla olikin jo seitsemän naisjäsentä.

Sen sijaan matematiikan, fysiikan ja tähtitieteen alalla naiset eivät ole liiemmin jättäneet jälkiä vuosisadan vaihteen aikakirjoihin. Helsingin tähtitieteellisen observatorion laskijanaiset, joista oli puhetta edellisessä luvussa, eivät tehneet omaperäistä tieteellistä työtä, vaan laskivat ja mittasivat heille annettujen ohjeiden mukaan. Tämän tähtitieteellisen naistyövoiman aaveet heräsivät henkiin 1940—50-lukujen taitteessa, kun Turun yliopiston tähtitieteen laitos haki opiskelijatyttöjä etsimään pikkuplaneettakandidaatteja tähtivalokuvista. Yliopiston ilmoitustaululle kiinnitetystä paperilapusta saattoivat kiinnostuneet lukea: ”Planeettatyttöjä tarvitaan työhön tähtitieteen laitoksella. Ilmoittautuminen töihin prof. Y. Väisälälle tai ass. Liisi Otermalle. Huom! Ei tarvitse tietää, mikä planeetta on.”

Yliopiston professorikunnan asenteista naisopiskelijoita kohtaan on säilynyt mm. fysiikan professori Hjalmar Tallqvistin mielipide naisista runollisempana sukupuolena, jolle fysiikan historia sekä ”tähtitaivaan runous” erityisesti sopivat. Tallqvist kirjoitti 1924 muistopuheen ennen aikaisesti kuolleelle oppilaalleen, professori Gunnar Nordströmille. Tämä huomattava painovoiman tutkija oli Hollannissa mennyt avioon *Cornelia van Leeuwen* -nimisen fysiikan jatko-opiskelijan kanssa. Cornelia van Leeuwenin sisar Johanna oli väitellyt fyysikko, kuulun H.A. Lorentzin oppilaita. Vasta-avioitunut rouva Nordström jätti kuitenkin omat tutkimuksensa sikseen. Tallqvist esittää muistokirjoituksessa seuraavat yleistävät ja asenteelliset huomautukset: ”Professorinrouva Nordström oli itse ennättänyt opiskella varsin pitkälle tässä aineessa, kun hän vaihtoi sen puolison ja äidin velvollisuuksiin, joita hän piti pyhinä ja jotka hän täytti suurimmalla mahdollisella tunnollisuudella.” On todennäköistä, ettei kolmen lapsen kanssa leskeksi jääneelle nuorelle naiselle mitään sijaa olisi suomalaisessa tiedeyhteisössä tarjolla ollutkaan.



Nainen ja Fysiikka. Kuvitusta nimimerkki "liljan" kirjoitukseen vuodelta 1956. Helsingin yliopiston fysiikan laitoksen yläkertä oli vihdoinkin vallattu.

Juuri fysiikka oli pitkään suomalaisille naisopiskelijoille vaikein pala puraistavaksi luonnontieteiden joukossa. Helsingin matematiikan ja eksaktien luonnontieteiden ainejärjestön Limeksen äänenkannattaja Kissoidi julkaisi 1956 nimimerkki *"liljan"* kirjoittaman artikkelin *Nainen ja Fysiikka*, josta kannattaa lainata seuraavat uhmakkaat sanat:

'''Nyt eteenpäin käy taistohon, sä väki uljas peloton. Missä lippunne liehuu, siellä Naisen kunnia turvattu on.' Marseljeesi on kajahtanut, naisemansipaation lippu on kohotettu, ja voittoisina vilahtelevat suffragettien hameenhelmat fysiikan laitoksen käytävillä. Laudatur-osasto on vallattu. Hätääntyneet ja pelokkaat miesopiskelijat ovat turhaan yrittäneet pitää hallussaan edes yhtä yläkerran huonetta. Sieltäkin on heidät armotta ajettu etsimään turvapaikkaoikeutta alimmista kerroksista. Mikä siis avuksi? Eiväthän he — jaloina ritareina — tohdi nostaa kättänsä Naista vastaan!'''

Artikkelin kirjoittaja päättelee, että ydinfysiikka sopii vaistonsa varassa asian ttimeen osuvalle naiselle vallan mainiosti. Sen sijaan:

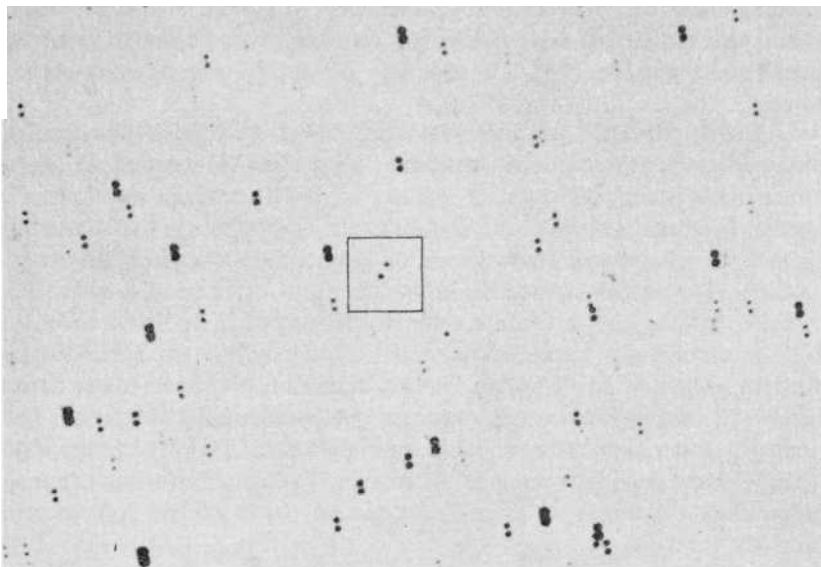
'''Harrastuksistaan ei naisella ole fysiikan opiskelussa yhtä paljon hyötyä kuin miehellä. Jälkimmäiselle on massan ja vetovoiman välinen suhde jo täysin selvänä siitä hetkestä lähtien, kun hän on oppinut kiipeämään puuhun; hänellä on, kieltämättä, kokemusta vinon heittoliikkeen hallinnasta; hän on tarkoin perehtynyt optiikkaan sekä polttolasien että tasopintaisten ja kupera- ja kuperain peilien

avulla; lumipalloillaan (vrt. neutroni) on hän aiheuttanut kohteessaan viritetyn tilan. Naisen kattilan ja pesusoikon ääressä hankkima tietous höyrynpaineesta ja pintajännityksestä ei vedä vertoja em. miehen saavutuksille. — Myös kouluopetus suosii miestä, jaon oppilastyöt — kotitalous muodossa.

Naisen luonteen ja harrastusten luomista edellytyksistä voimme tehdä sen johtopäätöksen, että nainen on erittäin sovelias tieteelliseen fysikaaliseen työskentelyyn — sen sijaan on käytännön töissä toistaiseksi viisainta antaa etusija miehelle ...”

Naisten rynnäkkö fysiikan opintoihin kantoi varsin myöhäisen hedelmän. Ennen 1970-lukua vain joku harva suomalainen nainen on väitellyt tohtoriksi fysiikassa. Yliopistofysiikan professoriksi tai apulaisprofessoriksi ei Suomessa ole edennyt yksikään nainen. Valoisampi tilanne vallitsee matematiikassa, missä naiset ovat vähitellen vallanneet muutaman korkeamman oppituolin. Kemia on alana eksakteista luonnontieteistä naisvaltaisoin. 1960-luvun lopulle tultaessa ei enää harmiteltu Suomen kemistiseuran epäviihtyisyyttä naisten kannalta. Seuran puheenjohtaja, varapuheenjohtaja ja sihteeri olivat näet 1969 kaikki naisia.

Tunnetuin suomalainen naisluonnontieteilijä kautta aikojen on epäilemättä Turun yliopiston tähtitieteen professori *Liisi Oterma* (s. 1915). Hän ryhtyi opiskelemaan tähtitiedettä Turun yliopistossa varsin sopivaan aikaan. Tähtitieteen opetus oli Turussa aloitettu 1924 ja tähtitieteen professori Yrjö



Pikkuplaneettoja etsittiin valokuvista, joihin tähdet oli valotettu kahdeksi pisteeksi. Vinottain toistensa suhteen sijaitsevat pisteet paljastivat pikkuplaneetan, joka oli jo ehtinyt liikkua kuvanoton aikana. (Kuva Turun yliopiston tähtitorni)

Väisälä oli juuri saanut käyttöön uuden tähtitornin. Alkuaikoina Turun observatorion koko henkilökunnan muodostivat professori Väisälä, observattoriksi nimitetty Liisi Oterma sekä osa-aikainen assistentti.

Väisälän keksimällä ja valmistamalla planeettakameralla alettiin tehdä tutkimuksia talvella 1935. Tähtitaivasta kuvattiin kaksoispistemenetelmällä, niin että kiintotähdet näkyivät kuvassa kahtena päällekkäisenä pisteenä. Kuvista voitiin tunnistaa pikkuplaneettoja niiden liikkeen perusteella. Niiden kuvat eivät näet olleet tarkasti päällekkäin vaan vinossa toisiinsa nähden. Juuri tällaisten pisteiden tunnistamiseen etsittiin edellä mainitulla ilmoituksella ”planeettatyttöjä”.

Liisi Oterma osallistui yhdessä Väisälän kanssa pikkuplaneettojen etsintään jo ennen valmistumistaan filosofian maisteriksi 1938. Hän oli ahkera pikkuplaneettojen havaitsija. Joinakin vuosina suurin osa Turun kansainvälisesti huomattavasta pikkuplaneettahavaintomäärästä tuli hänen tililleen. Yli kahdensadan pikkuplaneetan lisäksi Oterma löysi kolme uutta komeettaa. Tunnetuin niistä, komeetta Oterma (1942 VII), ilmestyi valokuvaan maaliskuussa 1943. Oterman laskelmat osoittivat, että pörröinen kohde oli komeetta, jonka rata Auringon ympäri oli yllättävää kylläkin pyöreä. Komeetan kiertoaika oli vain kahdeksan vuotta. Oterma sai selville komeetan liikkuneen ennen vuotta 1937 tavanomaisempaa soikeaa 18 vuoden kiertorataa, kunnes Jupiterin vetovoima oli häirinnyt komeettaa siinä määrin, että se oli joutunut lähes ympyrämuotoiselle radalleen Marsin ja Jupiterin ratojen väliin. Oterma ennusti samanlaisen häiriön palauttavan komeetan soikealle kiertoradalle vuosien 1962—63 tienoilla. Tämä 1957 esitetty ennustus toteutui.

Liisi Oterman 1955 julkaistu väitöskirja ei käsitellyt pikkuplaneettojen tutkimusta, vaan kaukoputkien optiikkaa. Siinä esitetään menetelmiä, joilla nimenomaan suuret kaukoputket saadaan käyttöön parhaalla mahdollisella tavalla. Väitöskirja hyväksyttiin korkeimmalla arvosanalla ja Otermasta tuli samana vuonna pidetyn Turun yliopiston promootion priimustohtori. Vuonna 1956 liike- ja virkanaisten kansallisliitto valitsi hänet vuoden naiseksi.

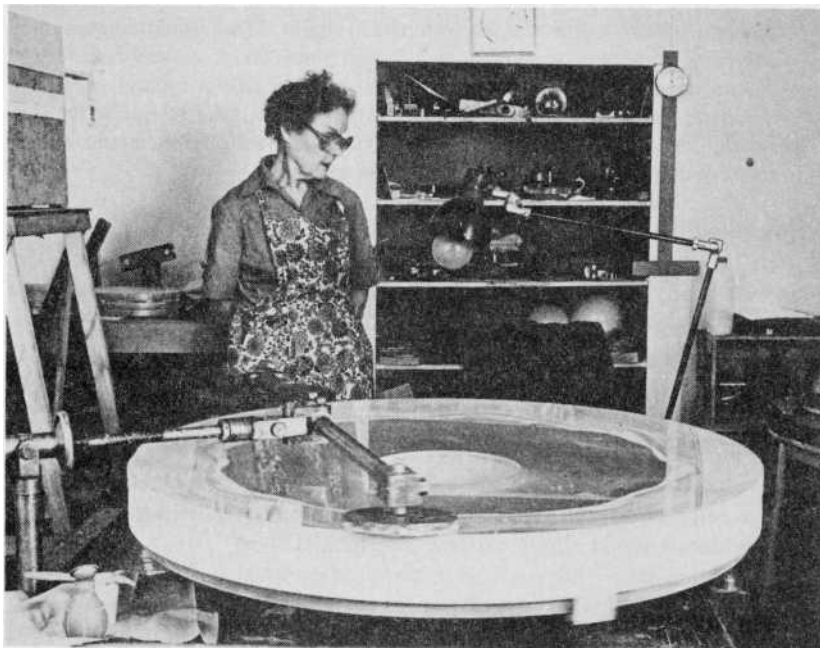
Yrjö Väisälän kanssa Oterma valmisti korkeatasoista optiikkaa lukuisiin koti- ja ulkomaisiin kaukoputkiin, mm. Upsalan yliopiston Schmidt-teleskoopin pääpeilin. Myöhemmin Oterma kiinnostui erityisesti Maan navan liikkeestä. Hän on muiden tutkimustensa ohella tarkastellut kvartsisauvojen ominaisuuksien muutoksia vaihtelevissa olosuhteissa. Tämä työ liittyy Yrjö Väisälän kvartsimetrisysteemin tutkimukseen. Väisälä oli kehunut Oterman taitoa näiden sauvojen valmistuksessa sanoen tämän olevan ”oikein peto hiomaan”.

Liisi Otermasta tuli Turun yliopiston tähtitieteen dosentti vuonna 1959 ja vt. professori 1962. Varsinaisen professorin virkaa täytettäessä hänen kanssaan kilpailivat K.A. Hämeen-Anttila (sittemmin Oulun yliopiston tähtitie-

Liisi Oterma, kansainvälisesti tunnettu suomalainen tähtitieteilijä. (Kuva Tapio Korhonen)



Marjatta Virta kiilottamassa 103 cm läpimittaista peiliä Tuorlassa. Tähtitieteellisten havaintolaitteiden valmistus on tarkkaa työtä. (Kuva Turun yliopiston tähtitorni)



teen professori) ja Paul Kustaanheimo (1969—77 Helsingin yliopiston tähtitieteen professori). Oterma asetettiin yksimielisesti ensimmäiselle ehdokassijalle ja valittiin virkaan 1965. Hän vetäytyi siitä eläkkeelle 1978. Yrjö Väisälän kuoleman jälkeen 1971 hän hoiti Turun yliopiston tähtitieteellis-optillisen tutkimuslaitoksen esimiehen virkaa vuoteen 1975.

Liisi Oterma ei ollut ainoa turkulainen naisastronomi. *Hilkka Rantaseppä-Helenius* (1925—75) hoiti pitkään observaattorin virkaa kooten havaintoja pikkuplaneetoista. Ilmansaasteiden tehtyä havaintotyön entisessä tähtitornissa mahdolltomaksi siirrettiin vanha kaukoputki 1966 observaattorin maatilalle Paimion Kevolaan. Kyseistä laitetta käytettiin sittemmin lähinnä opetustar-koituksiin.

Helsingin tähtitieteellinen observatorio sen sijaan ei vielä ole kirjannut historiikkeihinsa huomattavien naistutkijoiden nimiä. Aika korjannee tämän puutteen. Tähtitieteen vetovoima oli toki kajahtanut jo 1914 professorinrouva *Elin Donnerin* Ahvenanmaalle tehdyn auringonpimennysretkikunnan aikana muistiinmerkitsemissä vaikutelmissa:

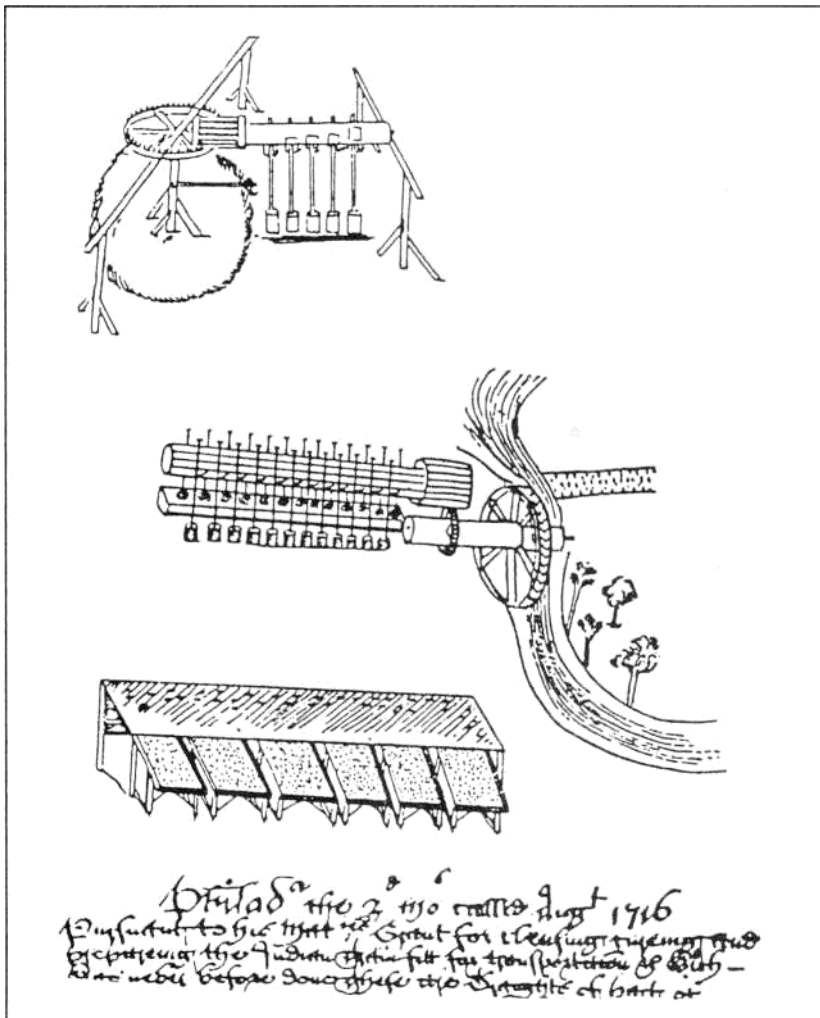
”Auringonpimennys oli totisesti suurenmoinen luonnonilmiö, koko ikänäni en tule sitä unohtamaan. Koko luonto oli kuin kivettynyt; ja ihmeellinen värien leikki. Taivas aivan yläpuolellamme aivan tumma, niin että tähdet erottuivat selvästi ja horisontin kiersi ihmeellinen kellanvihreä utu, ja sitten ylhäällä taivaalla, Aurinko niin kuin pyöreä hiilenmusta pallo jota ympäröi kruunu sinivalkeaa valoa kuin sähköinen valokaari. Täyden pimennyksen kestäessä Aurinkoa saattoi katsoa suoraan päin paljain silmin. Tässä valokruunussa näkyi sitä paitsi aivan selvästi ainakin yksi iloinen punainen nk. protuberanssi. Teki suurenmoisen vaikutuksen kun ensimmäinen säde jälleen työntyi esiin kuin Auringon kiekosta sinkoutunut keihäs. Koko luonto, joka oli pidätelty henkeään, heräsi jälleen, kaikki palautui vähitellen entiselleen, mutta näiden muutamien silmänräpäysten muistoa ei voi unohtaa.”

Löytöretkeilijänä Amazonin aarniometsissä

Naisen tie ei suinkaan ole kulkenut suoraviivaisesti kodista yliopistoihin. Naiset ovat miesten tavoin tehneet keksintöjä ja löytäneet uusia maita sekä tehneet havaintoja ennen tuntemattomista kasvi- ja eläinlajeista.

Kirjassaan *Woman and science* (Nainen ja tiede) H.J. Mozans kuvailee 1913 naisten monia urotekoja tieteen ja tekniikan eri aloilla. Luvussa ”Naiset keksijöinä” hän sanoo: ”Alkukantaisina aikoina jokainen nainen oli kokki, teurastaja, leipuri, ruukuntekijä, kutoja, veitsenteroittaja, mylläri, nahkuri, karvuri, insinööri. Ottaessaan tehtäväksi nämä alun perin naiselle kuuluneet, yhden ja saman henkilön taitamat työt mies on jakanut ne osiin ja parannettujen koneidensa avulla tehnyt niistä erikoistuneita.”

Siitä lähtien kun Yhdysvaltain patenttivirasto avattiin 1790, naiset ovat patentoineet noin 60 000 keksintöä, mikä on noin 1.5% kaikista patenteista. Alkuvuosina patenteja myönnettiin vain miehille. Eli Whitney sai 1794



Ensimmäinen naisen patentoima virallisesti rekisteröity keksintö. Amerikkalaisen Sybilla Mastersin kauranpuhdistuskone vuodelta 1715.

nimiinsä puuvillan puhdistuskoneen patentin. Tämä laite, joka erotteli puuvillan siemenistään, korvasi 200 käsiparin työn ja mullisti Yhdysvaltain puuvillateollisuuden. Laitteen keksijä oli itse asiassa Catherine Greene (1731—93?), vapaussodassa ansioituneen kenraali Nathanael Greenen leski. Eli Whitney oli Greenen palkkalainen, joka kokosi laitteen emäntänsä johdolla.

Margaret Knight (1838—1914) oli amerikkalaisista naiskeksijöistä ahkerimpia ja monipuolisimpia. Yksi hänen keksinnöistään oli kone, jolla voidaan valmistaa paperipussien neliskulmaisia pohjia. Tästä patentistaan hänet palkittiin 1871. Knightin työnantajat suhtautuivat häneen kuitenkin epäluuloisesti eivätkä ensin uskoneet naisen kykenevän valvomaan itse suunnittelemansa laitteen valmistusta. Margaret Knight muisteli lapsuuttaan seuraavasti:

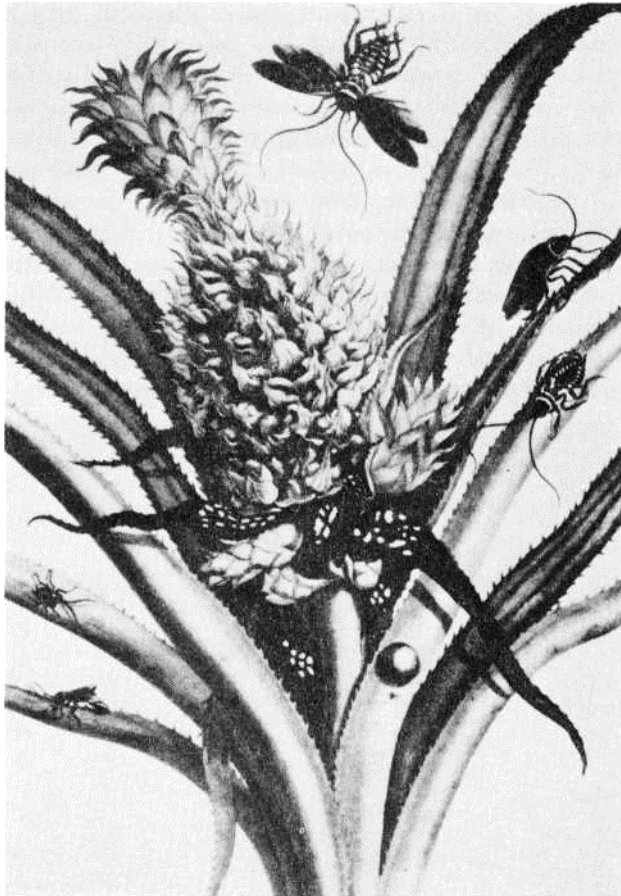
”Lapsena en koskaan välittänyt samoista asioista kuin tytöt yleensä; nuket eivät minua kiehtoneet. En nähnyt mitään mieltä posliinikasvoisten tyhjälmeisten esineiden hemmottelemisessa; kaikki mitä kaipasin oli puukko, naskali ja kasa puupalasia. Ystäväni olivat kauhuissaan. Minua kutsuttiin poikatytyksi, mutta en välittänyt moaisesta paljoakaan. Huokasin toisinaan kun en ollut samanlainen kuin muut tytöt, mutta viisaasti päättelin etten mahtanut asialle mitään, ja etsin taas lohtua työkaluistani. Valmistin aina kaikenlaisia kapineita veljilleni. Jos he tarvitsivat jotain leikkikaluja, he aina sanoivat: ‘Mattie tekee niitä meille.’ Olin kuuluisa leijoistani, ja kelkkani olivat koko kaupungin poikien ihailun ja kateuden aihe. En ole hämmästynyt asioista joita olen tehnyt, minua vain surettaa se, ettei minulla ole ollut yhtä hyviä mahdollisuuksia kuin pojilla, niin että minun on pitänyt oppia ammattini kantapään kautta.”

Edellä mainittu J.H. Mozans kertoo Madame *Beausoleilista*, joka 1600-luvun alussa kirjoitti kaivosinsinööriäidosta. Tämä tuhahti niille, jotka uskoivat, että metalleja löydetään taikakonstien, vuorenhaltijoiden ja varpujen avulla. Madame Beausoleil esitteli kirjoituksissaan erilaisia kaivostyyppejä, malmiesiintymien arvioinnin ja rikastamisen sekä metallurgian periaatteita.

Samalla vuosisadalla elänyt *Maria Sibylla Merian* (1647—1717) tuli tunnetuksi kasveja ja hyönteisiä esittävistä kuvistaan ja kirjoituksistaan. Hän syntyi Frankfurtissa kaivertaja-kustantajan tyttärenä. Hänen isäpuolensa ja miehensä maalasivat kukka-asetelmia. 1670-luvulla Merian julkaisi kolme osaa teoksestaan *Uusi kukkakirja*. Sen jälkeen hän julkaisi teossarjan *Toukkien ihmeellisestä muuttumisesta ja niiden erikoisesta kukkaisravinnosta*. Merian tarkasteli hyönteisiä niiden kehittyessä munasta ja toukasta. Muut sen ajan tutkijat keräsivät yksinomaan kuolleita hyönteisiä. Merianin laatimissa kuvatauluissa esitetään eloisasti eri hyönteisten koko kehitys ja niille tyypillinen ravinto.

Vuonna 1680 Maria Sibylla Merian erosi miehestään. Hän liittyi vapaaseen uskonlahkoon, johon myös hänen kaksi tytärtään kuuluivat. Merian asettui 1690 Amsterdamiin, missä hänelle tarjoutui tilaisuus tutkia Länsi- ja Itä-Intiasta tuotuja kasvi- ja hyönteisnäytteitä. Vuonna 1699 hän lähti tyttärensä kanssa Surinamiin, Etelä-Amerikkaan. Siellä hän tutustui perin pohjin kasvistoon, hyönteisiin sekä alkuasukkaiden perinteisiin parannuskeinoihin. 1705 ilmestyi *Metamorphosis insectorum surinamensium* (Surinamin hyön-

Banaanikasvi.
Piirros Maria Sibylla Merianin tekijänsä komeasti kuvittamasta Surinamin hyönteisiä käsittelevästä teoksesta vuodelta 1705.



teisten muutoksista). Se sisältää 60 suurenmoista väritaulua, jotka esittävät hyönteisten lisäksi trooppisia hedelmiä, banaaneja, papaijoita, kaakaopuita ym.

Merian sai Surinamissa keltakuumeen, joka pakotti hänet palaamaan Hollantiin. Siellä hän jatkoi eurooppalaisten hyönteisten tutkimista. 1714 hän sai halvauksen josta ei enää toipunut, vaan kuoli kolme vuotta myöhemmin köyhissä oloissa.

Monet muutkin naiset tekivät pitkiä retkiä kasvi- ja eläintieteellisten tutkimustensa takia. Itävaltalainen kasvitieteilijä ja *hyönteistutkija* Ida Pfeiffer (k. 1858) matkusti uransa aikana noin 300 000 kilometriä. Hän oli Berliinin maantieteellisen seuran jäsen. Venäläinen *Olga Fedstshenko* (1845—1921) löysi miehensä kanssa Turkestaniin ja Krimille tehdyn tutkimusmatkan aikana yli 1800 uutta kasvilajiketta. Englantilainen *Evelyn Cheesman*

(1881—1969) oli itseoppinut hyönteistieteilijä, joka sai 1918 työpaikan Lontoon eläintarhan hyönteistalon sihteerinä. Vuonna 1923 hän pääsi mukaan Galapagossaarille ja Uuteen-Guineaan tehdylle tutkimusmatkalle. Matkoilla, jotka hän teki yksin, pääasiassa Kaakkois-Aasian saarten trooppisissa sademetsissä, hän keräsi kolmen vuosikymmenen aikana noin 40 000 hyönteistä. Cheesman totesi löytäneensä sen mitä muutkin olisivat voineet löytää jos olisivat tahtoneet. ”Mitä ihmettä he oikein odottivat? Kokemustako? Minä ostin sitä. Terveyttäkö? Minä vaaransin omani. Riittävää rahoitustako? Minä tartuin siihen mitä oli tarjolla lähdin matkaan ilman loppusummaa.”

Viktoriaanisen ajan monista löytöretkeilijänaisista tunnetuimpia oli englantilainen *Mary Kingsley* (1862—1900), jonka suositut matkakirjat Länsi-Afrikasta ovat varsin kiintoisaa luettavaa. ”Harvat teistä tietävät millainen siunaus kantajalleen on paksu hame. Tässä minä istuin helmoihini kääriyty-



Peloton Mary Kingsley teki 1890-luvulla tutkimusmatkoja Länsi-Afrikkaan. Hänen näkemyksensä afrikkalaisen ja eurooppalaisen kulttuurin arvojärjestyksestä poikkesivat suuresti siirtomaaisäntien ylenkatseesta "vilejä" kohtaan.

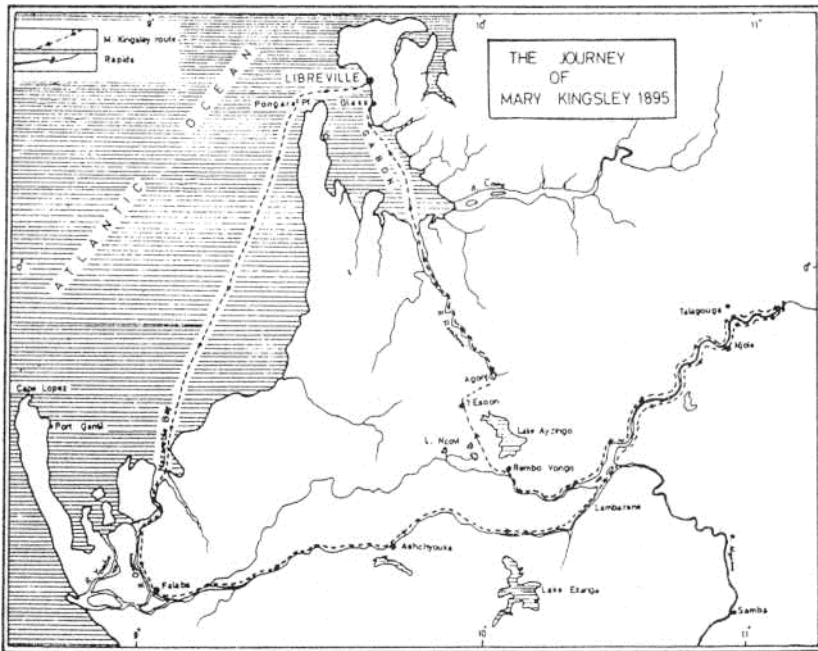
Mary Kingsleyn matkareitti Länsi-Afrikassa 1895 (oik.)

neenä yhdeksän noin 12-tuumaisen eboniittiipiikin päällä suhteellisen mukavasti ja kiljuin keuhkojeni koko voimalla, että minut tultaisiin nostamaan ylös.” Näin Mary Kingsley kuvailee putoamistaan elefanttikuoppaan.

Mary Kingsleyn isä oli lääkäri, jota levoton vaellusvietti veti matkustelemaan. Oppinsa Mary sai kotona. Hän sai luvan oppia saksan kieltä vasta kun isä vakuuttui siitä, että tytär osasi tärkätä ja silittää paidan. Mary pääsi matkustelemaan vasta isänsä kuoltua, kun hän British Museumin toimeksiannosta matkusti Länsi-Afrikkaan täydentämään tämän kokoelmia. Vuonna 1894 Lontoon luonnonhistorian museo pyysi häntä lähtemään Ogowejoelle etsimään lisää kasveja ja kaloja.

Mary Kingsley suhtautui epäluuloisesti valkoisen kulttuurin ja sivistyksen levittämiseen ”alkuasukkaiden” keskuuteen. Hän itse pyrki esiintymään matkoillaan kauppiana, ei lähetyssaarnaajana, joita hän halveksi. ”Afrikan olisi lähetettävä saarnaajia meidän luoksemme pikemminkin kuin päinvastoin.”

Afrikan villin luonnon kauneus teki Maryyn lähtemättömän vaikutuksen. Hän kuvaili puita: ”... jotkut suoria kuin vesijohtoputket, jotkut toistensa ympäri kietoutuneita ja vääntyneitä, niin että saattoi kuvitella katselevansa suurten jättiläiskäärmeiden armeijan taistelua, jonka jokin mahtava loitsu oli pysäyttänyt sen ollessa tuimimmillaan.”



SCALE - 1:1,500,000

Mary Kingsley ei voinut hyväksyä tapaa, jolla siirtomaaisännät kohtelivat afrikkalaisia. Hän kirjoitti ja piti puheita jälkimmäisten puolesta. Hän kuoli vuonna 1900 sairastuttuaan kuumeeseen buurisodassa, missä hän hoiti sotavankeja.

Ranskalainen *Octavie Coudreau* (n. 1870 — n. 1910) tunsi yhtä suurta haltioitumista Etelä-Amerikan trooppisen luonnon edessä kuin Mary Kingsley Afrikan viidakoissa. Coudreau tunnetaan ranskalaisessa *Kuka kukin on*



Eläintieteilijä Jane Goodall seurasi simpansseja viidakkoon. Hän liittyi 1960-luvun alussa Tanganjikajärven rannikkoalueella elävään simpanssiheimoon. Hugo van Lawickin kuva Goodallin kirjasta "Ystäväni simpanssit".

-teoksessa ammattinimikkeellä ”exploratrice”, tutkimusmatkailijatar. Yhdessä miehensä kanssa hän teki tutkimusmatkoja Ranskan Guayanaan ja Pohjois-Brasiliaan. He julkaisivat näiltä matkoiltaan kuusi matkakuvausta. Aviomies kuoli eräällä matkalla kuumeeseen. Octavie toimi sen jälkeen 1899—1906 virallisena palkattuna löytöretkeilijänä Amazonin aarniometsissä, maailman suurimmalla trooppisella sademetsäalueella. Vaikeuksia oli yllin kyllin. Välillä retkikunta, johon Octavien lisäksi kuului vain palkattuja kantajia ja soutajia, ei kuukausiin osunut asutuksen lähellekään. Ruoka oli keuhkoa ja riittämätöntä, välillä jatkuvat kaatosateet tekivät keittämisen mahdottomaksi. Paahtava kuumuus, myrkylliset muurahaiset, öin ja päivin



Sally Ride, ensimmäinen amerikkalainen naisastronautti. Challenger-sukkulan kyydissä kesäkuussa 1983 avaruudessa käynyt Sally Ride on koulutukseltaan fyysikko. (Kuva Nasa)

vaivaavat moskiitot, rämeinen läpitunkematon metsä ja monenlaiset taudit eivät lannistaneet Octavie Coudreauta. Hän tunsi olevansa kotonaan ainoastaan näissä suurissa metsissä. Vuonna 1903 ilmestyneessä matkakirjassaan hän kirjoitti seuraavasti:

”Olen rakastanut kaikkea Amazoniassa, suurta majesteettista metsäseutua ja salaperäistä neitseellistä metsää, kauniita jokia petollisine vesineen ja pauhaavine putouksineen, tukahduttavaa ilmaa ja hyväntuoksuista tuulenviriä, polttavaa aurinkoa ja yön suloista raikkautta, tuulen vaikuttavaa ääntä puiden latvoissa ja rankkasadetta. Vastoin ihmisen tavallista tapaa alistaa kaikki valtansa alle minusta on tullut rakastamani villin elämän vanki, ja olen antanut sen omaksi koko sieluni ja tahtoni.

Neitseellisen metsän yksinäisyydessä olen rauhallinen, tyyni, en kärsi ikävystyneisyydestä, olen melkeinpä iloinen. Kun minun on lähdettävä suurilta metsäseuduilta, taistelutahtoni vähenee. Herkkyyteni kasvaa äärimmilleen. Tunnen paljon selvemmin elämän iskut. Minua ei ole varustettu kamppailemaan eteenpäin elämässä ja etsimään itselleni paikkaa auringossa. En rakasta enkä ymmärrä mitään muuta kuin neitseellistä metsääni. Siellä todellakin kärsin sään epäsuotuisuudesta, nälästä, sairaudesta. Mutta nämä ovat ruumiillisia kärsimyksiä ja unohtuvat pian, kun sen sijaan moraaliset ja sisäiset kivut ovat lähtemättömiä.”

Octavie Coudreaun jalanjäljissä monet muutkin naiset ovat lähteneet ennen tutkimattomille alueille. Innokas matkailija *Fanny Workman* (1859—1925) on kuvattu Himalajan jäätiköillä kädessään jäähakku ja juliste, jossa vaaditaan: ”Äänioikeus naisille!” Englantilainen eläintieteilijä *Jane Goodall* (s. 1934) eli simpanssien keskuudessa Tanganjikajärven rannalla 1960—66 tutkiakseen, miten ne elävät omassa ympäristössään.

Uusille alueille ovat lähteneet myös naiskosmonautit ja -astronautit. Neuvostoliittolaista *Valentina Tereshkovaa* (s. 1937) kuljettanut Vostok 6 laukaistiin avaruuteen 16. kesäkuuta 1963. Tereshkova kiersi kolmen päivän aikana 48 kertaa maapallon ympäri. Ensimmäinen amerikkalainen naisastronautti, fysiikan tohtori *Sally Ride* seurasi hänen jälkiään melkein tarkalleen kaksi vuosikymmentä myöhemmin, 18. kesäkuuta 1983.

Atomiytimistä galakseihin

Naisia matkalla aineen ytimeen

Marie Curien nimestä on muodostunut käsite, jonka tuntevat kaikki. Historioitsija Margaret Rossiter on varmaan tuntenut itsensä kuvainkaatajaksi esittäessään kysymyksensä: oliko Marie Curie sittenkään naisluonnontieteilijöille sopiva esikuva? Ehkä Curien elämäntarina oli sittenkin liian poikkeuksellinen, liiaksi sankaruudella ja vastoinkäymisillä maustettu, niin että se alkoi innostavan sijasta vaikuttaa pelottavalta. Kukapa olisi pystynyt mittamaan itseään näin vaativalla mitalla?

Marya Sklodowska syntyi Varsovassa 1867 viisilapsisen perheen nuorimpana. Hänen isänsä opetti fysiikkaa ja matematiikkaa palkalla, jonka pienuus oli suoraan verrannollinen hänen venäläisvastaisiin mielipiteisiinsä. Sklodowskan sisarukset halusivat opiskella palvelukseksi isänmaataan Puolaa. Varsovan yliopisto oli naisilta suljettu, joten Marya opiskeli ”maanalaisessa” yliopistossa. Hän sopi Bronia-sisarensa kanssa siitä, että lähettäisi tälle rahaa Pariisiin, jotta sisar voisi opiskella lääkäriksi. Sitten olisi Maryan vuoro.

Köyhä puolalaistyttö matkusti Pariisiin 4. luokan junaosastossa 1891. Ensi vuotensa hän vietti pienessä lämmittämättömässä ullakkokopperossa tunnollisesti opintoihinsa syventyneenä. Vuonna 1893 hän suoritti loppukokeen fysiikassa ja seuraavana vuonna matematiikassa. Tutustuminen fyysikko Pierre Curieen mullisti Maryan elämän. ”Miten suurta olisikaan, jos voisimme yhdistää elämämme ja työskennellä yhdessä tieteen ja ihmiskunnan hyväksi”, tämä kirjoitti eräässä kirjeessään. Vuonna 1895 puolalaisesta opiskelijatyöstä tuli Marie Curie. Marien mieltä painoi tietoisuus siitä, että hän ei ehkä koskaan palaisi Puolaan työskentelemään maansa hyväksi.

Pierre Curie oli jo Marien tavatessaan merkittävä tiedemies. Hän oli osittain yhdessä veljensä kanssa tehnyt tutkimuksia aineiden sähköisistä ja magneettisia ominaisuuksista erilaisissa olosuhteissa, mm. äärimmäisen matalissa lämpötiloissa.

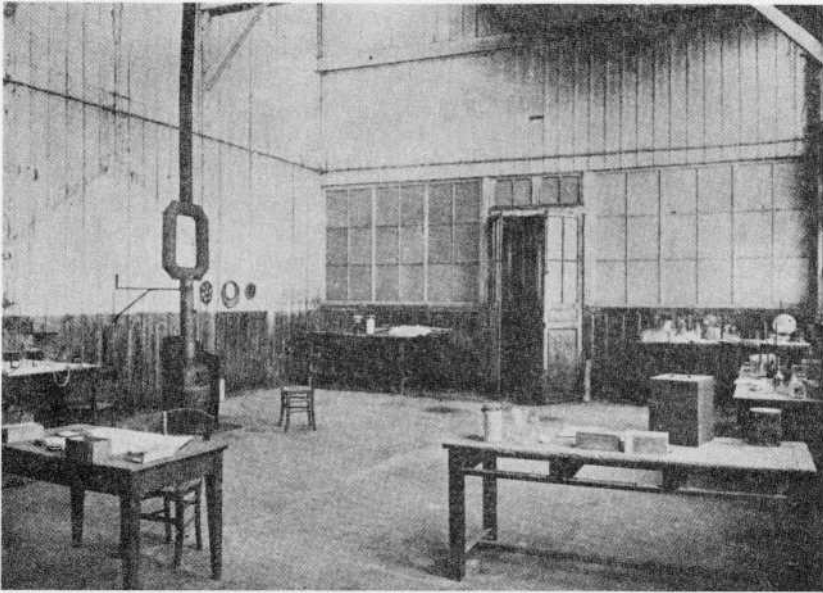
Henri Becquerel oli 1895 ensimmäisenä havainnut valokuvauslevyn tummuvan uraani suolojen lähellä. Uraanissa oli ilmeisesti jokin tuntematon energialähde, mikä tuntui sotivan energian säilymisen periaatetta vastaan. Marie Curie valitsi tämän ns. radioaktiivisuuden väitöskirjatyönsä aiheeksi 1897. Hänen työolonsa olivat äärimmäisen kehnot, sillä tutkimukset oli pakko suorittaa vanhassa vajassa paremman puutteessa.

Marie Curie teki elektrometrin avulla havaintoja uraanisulojen ilmaa



Marie ja Pierre Curie 1895.

ionisoivasta vaikutuksesta. Puhtaan uraanin ja uraanisuolojen radioaktiivisuus tunnettiin jo, mutta luonnossa esiintyvät uraanisuolat, joilla Marie työskenteli, osoittivat paljon suurempaa aktiivisuutta. Kokeidensa perusteella Marie päätteli ensin, että radioaktiivisuus oli peräisin alkuaineista, ei esimerkiksi kemiallisten yhdisteiden sidosenergiasta. Sitten hän teki hyvin



Tässä sangen vaatimattomasti varustetussa majassa Marie Curie valmisti radiumia.

rohkean johtopäätöksen. Hän ennusti, että hänen havaitsemansa voimakas radioaktiivisuus oli peräisin jostakin uudesta alkuaineesta. Sitä oli näytteissä äärimmäisen pieniä määriä, koska sitä ei ollut havaittu kemiallisissa analyyseissa. Se merkitsi että uusi aine, jonka Marie risti radiumiksi, olisi erittäin voimakkaasti radioaktiivista.

Tässä vaiheessa Pierre oli niin innoissaan, että liittyi työhön mukaan. He erottelivat alkuaineita kärsivällisesti kemiallisin menetelmin. Kävi ilmi, että uusia aineita oli kaksi. Toinen heidän löytämänsä radioaktiivinen alkuaine ristittiin poloniumiksi. Laboratorio siirrettiin Pierren koulun alueella sijaitsevaan vajaan, joka ei ollut paljon entistä parempi kunnoltaan. Curiet tuottivat Tsekkoslovakian kaivoksilta rahtikulujen hinnalla tonneittain arvottomana pidettyä malmia, josta uraani oli poistettu. Marie suoritti alustavan erottelun pihalla. Hän muisteli myöhemmin: ”Tässä kurjassa vajassa vietimme elämämme parhaat ja onnellisimmat, kokonaan työlle pyhitetyt vuodet.” Neljän vuoden työn tulos oli kymmenesosa grammaa puhdasta radiumkloridisuolaa.

Marie sai 1903 tohtorin arvon Sorbonnen yliopistosta. Samana vuonna Curiet ja Henri Becquerel palkittiin Nobelin palkinnolla, joita oli jaettu vuodesta 1901 lähtien. Jos Pierre ja Marie Curie olisivat halunneet vaurastua tutkimuksillaan, se olisi käynyt helposti. Sen sijaan he eivät patentoineet menetelmiään ja julkistivat kaikki tutkimustuloksensa. Pierre hylkäsi hänelle

myönnetyn Ranskan kunnialegioonan jäsenyyden, koska Marie ei voinut saada vastaavaa tunnustusta. Tiedeyhteisön mielipide Pierre Curiesta ei ollut kovinkaan korkea, sillä Pierre ei ollut koskaan hallinnut uralla etenemisen taitoja. Vuonna 1904 hänet nimitettiin professoriksi Sorbonneen, mihin virkaan hänen olisi pitänyt päästä jo vuosia aikaisemmin. Marie sai vihdoin kunnolliset työtilat ja palkatun aseman, kun hänestä tuli laboratorionjohtaja.

Pierre Curie kuoli 1906 tapaturmaisesti liikenneonnettomuudessa. Hänen professuuriansa tarjottiin Marielle, joka otti sen vastaan. Vanhemmiten Marie kävi herkemmäksi muiden mielipiteille. Kun hän suotta epäili, ettei radiumin olemassaoloon uskottu, hän päätti eristää radiumsuoloista puhdasta radiumia. Sen lisäksi hän kokosi lisää harvinaista poloniumia ja kehitti radioterapiaa, radioaktiivisuutta hyväksi käyttävää lääketieteellistä hoitomenetelmää.

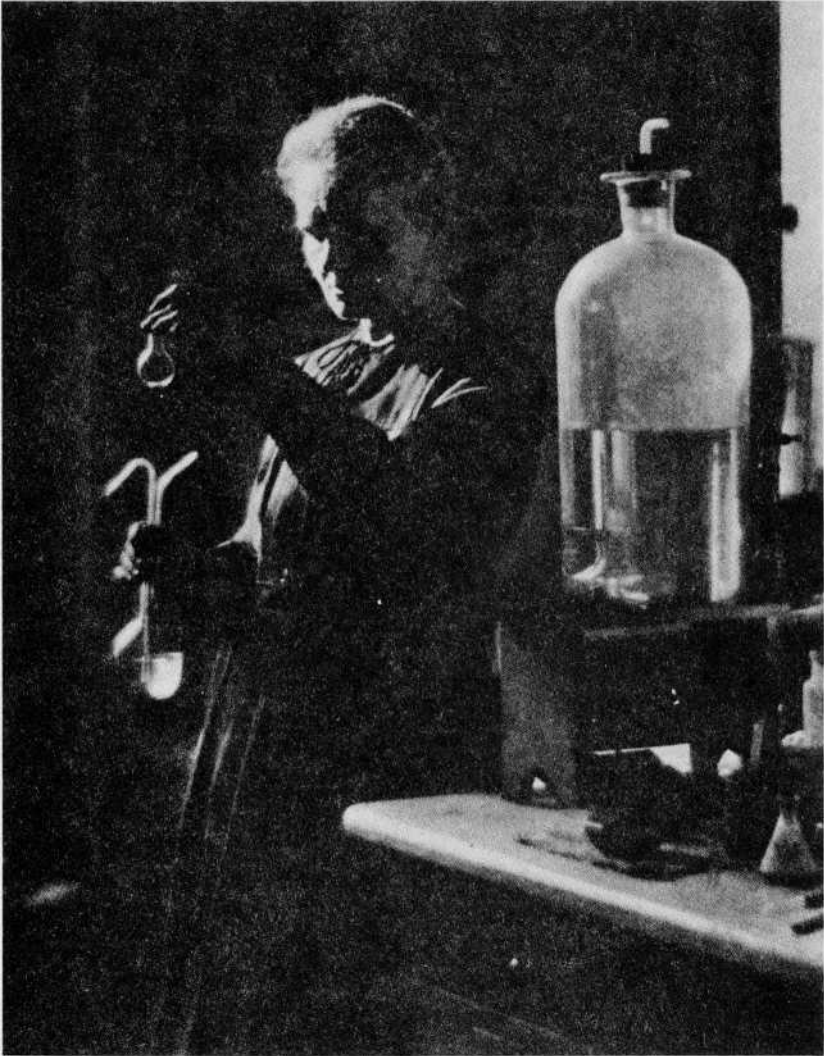
Radium oli vuosisadan alussa ihmeaineen asemassa. Siitä tehtiin nykyajan viisastenkivi, jonka oli määrä parantaa kaikki sairaudet. Säteilyn haitallisista vaikutuksista ei pariin vuosikymmeneen tiedetty juuri mitään. Innostuneet tutkijat käsittelivät radioaktiivisia aineita hyvin varomattomasti. Radiumia suunniteltiin käytettäväksi miltei kaikkeen paitsi ruokatavaraksi — siihen se oli liian kallista. Vuosien mittaan Curiet hengittivät tietämättään suuria määriä hajoamistuotteena syntyvää radioaktiivista radonkaasua. Marien ja Pierren työssään käyttämät muistikirjat ovat vielä nykyäänkin vaarallisen saastuneita.

Vuosina 1909—14 Marie Curie valvoi Sorbonnen ja Pasteur-instituutin rahoittaman Radiuminstituutin pystyttämistä. Hänestä tuli sen itseoikeutettu johtaja. Intituutissa keskityttiin radioaktiivisuuden fysikaalisten, kemiallisten, biologisten ja lääketieteellisten puolien tutkimiseen. Ensimmäisen maailmansodan aikana Marie kierteli rintamalla opettamassa lääkintähenkilökunnalle röntgenlaitteiden käyttöä. Marien ja Pierren kahdesta tyttärestä vanhempi, *Irene Curie* (1897—1956), oli mukana näillä matkoilla. Sekä äiti että tytär kuolivat myöhemmin leukemiaan, Marie 1934 ja Irene 1956. Kun ottaa huomioon, miten valtavien säteilyannosten kanssa Marie Curie oli tekemisissä, oli ihme, että hän eli 67-vuotiaaksi.

Marielle myönnettiin 1911 kemian Nobelin palkinto. Edes tämänkään jälkeen häntä ei valittu Ranskan tiedeakatemiaan. Noihin aikoihin hän joutui lehdistön hampaisiin, kun hänen todellinen tai oletettu suhteensa fyysikko Paul Langeviniin paljastui.

Ensimmäinen Ranskan tiedeakatemian vuosisataiset ennakkoluulot murtautui, kun nainen oli *Marguerite Perey* (1909—75), francium-nimisen alkuaineen löytäjä. Hän oli liittynyt 1929 Marie Curien Radiuminstituutin henkilökuntaan laboratorioassistentiksi. Pereystä tuli myöhemmin Strasbourgin yliopiston ydinkemian professori ja ydintutkimuslaitoksen johtaja. Myös hän menehtyi säteilysairauteen.

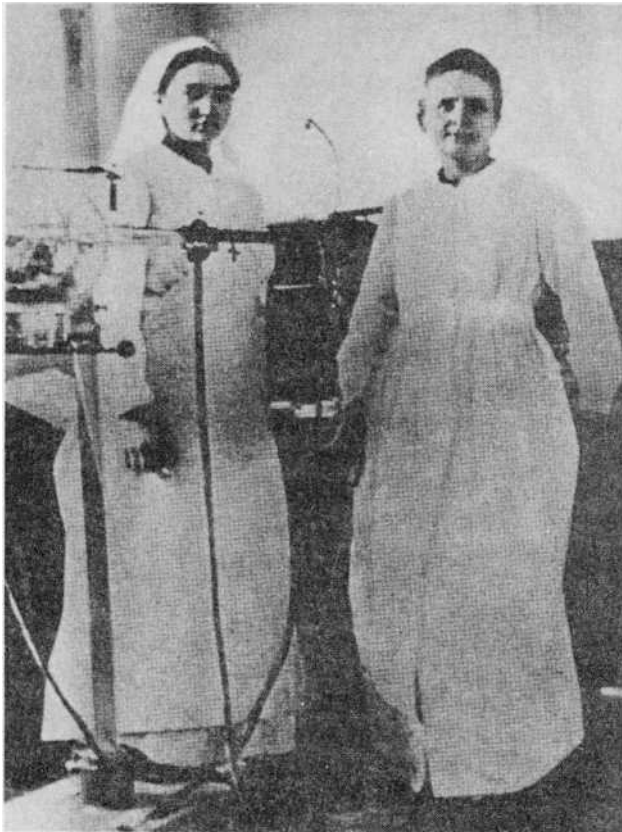
Radioaktiivisten ilmiöiden tutkimuksien uranuurtajien työ suuntasi fyysikkojen teoreettisen mielenkiinnon atomin ytimeen. Rutherford havaitsi 1899 radioaktiivisten aineiden säteilevän α - ja β -hiukkasia. Edelliset, joiden tunkeutumiskyky on vähäinen, hän tunnisti heliumatomin ytimiksi, jälkimmäiset elektroneiksi. Vuonna 1902 hän totesi radioaktiivisuuden olevan alkuaineiden ydinten spontaania hajoamista. Pommittaessaan myöhemmin



Marie Curie laboratoriossaan. Jatkuva altistuminen säteilylle heikensi kaksinkertaisen Nobelin palkinnon saajan terveyttä.

atomeja α -hiukkasilla Rutherford sai selville, että atomiydin oli hyvin pieni ja positiivisesti varattu. Samoihin aikoihin Niels Bohr sommitteli atomien elektroneille kuorimallin. Vähitellen atomi alettiin nähdä pienestä, raskaasta positiivisesti varatusta ytimestä ja ”tyhjästä” tilasta koostuvana, missä negatiivisesti varatut elektronit kiersivät ydintä kuorillaan. 1920-luvun lopulla muotoiltu kvanttimekaniikka alkoi tarkastella elektroneja kuorineen uusien abstraktien fysikaalisten käsitteiden avulla.

Marie Curien Irene-tytär oli väitellyt fysiikan tohtoriksi 1925. Seuraavana vuonna hän meni naimisiin Radiuminstituutissa työskentelevän, itseään kolme vuotta nuoremman Frederic Joliotin kanssa. Tämä ”melkein” keksi neutronin, atomiytimen sähköisesti neutraalin rakenneosan. Rutherfordin laboratoriossa työskennellyt Chadwick, joka osasi etsiä näyttöä neutronien olemassaolosta, tulkitsi koetuloksen oikein ja vei kunnian löydöstä 1932. Vähän myöhemmin Joliot-Curien pariskunta havaitsi varattujen hiukkasten jälkiä kuplakammiossa tarkastellessaan, kuinka jotkut elektronit kaartuivat



Marie ja Irene Curie liikkuvassa laboratoriossaan I maailmansodan aikana. Säteilyä pidettiin vielä 1910-luvulla ihme-parantajana.

”väärään” suuntaan. Positiivisen elektronin eli positronin olemassaolon vahvistaminen jäi tälläkin kertaa toisten tehtäväksi. Seuraavan löydön Joliot halusi tehdä ensimmäisenä. Vuonna 1935 hän havaitsi, että pommitettaessa atomeja hiukkasilla saattoi tuloksena olla radioaktiivisia aineita, joita ei esiinny luonnossa. Irenen tehtäväksi jäi suorittaa kemialliset analyysit, jotka vahvistivat oletuksen keinotekoisesta radioaktiivisuudesta. Tästä keksinnöstään Irene ja Frederic Joliot-Curie saivat Nobelin palkinnon 1935.

Italialainen Enrico Fermi oli arvellut, että atomien ytimiin voisi tunkeutua helpoimmin pommittamalla niitä hitailla neutroneilla. Hän oletti, että tuloksena olisi uraania raskaampia alkuaineita, ns. transuraaneja. Saksalainen kemisti *Ida Noddack* (o.s. Tacke, 1896—?) vastasi Fermille koetulosten viittaavan siihen, että neutronit saattaisivat pirstoa raskaita atomiytimiä kevyemmiksi. Tähän ennusteeseen ei kiinnitetty huomiota ennen kuin 1939, kun ilmiö viimein havaittiin. Irene Curie, joka oli 1937 nimitetty Sorbonnen fysiikan professoriksi, oli yrittänyt 1938 löytää Fermien ennustamia transuraaneja, joita muutkin tutkivat samoihin aikoihin. Irene havaitsi, että näytteissä esiintyi odotettua kevyempiä alkuaineita.

Uraaniatomien halkeamisen tulkitsi oikein vasta *Lise Meitner* (1878—1968). Hän oli opiskeluaikoinaan kiinnostunut atomifysiikasta kuultuaan 1902 radiumin löytämisestä. Kotikaupungistaan Wienistä hän siirtyi 1907 Berliiniin. Siellä hän tutustui kemisti Otto Hahniin, joka etsi fyysikkooka avukseen. Tästä alkoi kolme vuosikymmentä kestänyt yhteistyö. Koska nainen ei tuolloin voinut työskennellä kemiallisen instituutin tiloissa, Hahn

Lise Meitner päätteli ensimmäisenä uraaniytimen haljenneen kevyempien atomien ytimiksi 1939. Siitä alkoi kilpajuoksu kohti ketjureaktiota ja ydinpommeja. Lise Meitner ei itse osallistunut ydintutkimukseen maailmansodan aikana ja sanoutui irti sen seurauksista sodan päätyttyä.



ja Meitner pystyttivät laboratorionsa laitoksen kellarissa sijaitsevaan puusepän verstaaseen. Maailmansodan aikana, Hahnin ollessa armeijassa ja Meitnerin Itävallan armeijan lääkintäjoukoissa, he löysivät ennen sodan loppua uuden alkuaineen, protaktiniumin.

Sodan jälkeen Meitnerin työolot paranivat huomattavasti, kun hänet nimitettiin fysiikan professoriksi. Hän sai organisoida Kaiser Wilhelm -instituutin radioaktiivisuutta tutkivan kemian osaston. Meitner keskittyi tutkimaan luonnollisia ja ”keinotekoisia” alkuaineiden isotooppeja. Hahn tutki alkuaineiden kemiallisia, Meitner fysikaalisia ominaisuuksia, erityisesti niiden säteilyä.

Hahn ja Meitner löysivät omissa kokeissaan Fermi ennustamia, neutronipommituksella syntyviä transuraaneja. He havaitsivat yllätyksekseen myös bariumia, kevyttä alkuainetta. Kesken näiden mitä jännittävimpien tutkimusten Meitnerin oli jätettävä kaikki sikseen ja lähdettävä maasta. Vuoteen 1938 hän oli Itävallan kansalaisena ollut turvassa natsien puhdistuksilta. Mutta kun Itävalta liitettiin Saksaan, juutalaissyntyinen Meitner lähti Hollantiin ”lomalle”, jolta hän ei palannut. Meitner asettui Tukholmaan jatkamaan tutkimuksiaan Nobelinstituutissa.

Hahn löysi sillä välin Strassmanin kanssa tekemissään kokeissa jatkuvasti odotettua kevyempiä alkuaineita. Tulosten merkityksestä epävarmana hän lähetti kootut tiedot kokeistaan Meitnerille Tukholmaan. Meitner päätteli, että Hahnin havaitsemat kevyemmät alkuaineet olivat todellisia ja syntyvät uraanin halkeamisesta eli fissiosta, kuten Meitner tätä uutta ilmiötä kutsui. Meitnerin veljenpoika Otto Frisch, joka työskenteli Kööpenhamissa Niels Bohrin työryhmässä, oli tuolloin Tukholmassa tätinsä luona lomalla. Lise Meitner ja Otto Frisch laskivat kaavan $E=mc^2$ avulla uraanin fissiossa vapautuvan energiamäärän. He kirjoittivat yhdessä artikkelin englantilaiseen Nature-tiedelehteen. Siinä he totesivat: ”Näyttää niin ollen todennäköiseltä, että uraanin ydin on muodoltaan vähäisessä määrin stabiili ja saattaa neutronin siepattuaan jakaantua kahdeksi suunnilleen yhtä suureksi atomiytimeksi. Nämä ytimet hylkivät toisiaan (vastakkaisten sähkövarausten vuoksi). Niiden saama liike-energia lienee 200 miljoonan elektronivoltin luokkaa.”

Otto Frisch vei halkeamisuutiset mukanaan Kööpenhaminaan. Niels Bohr innostui ne kuultuaan siinä määrin, että oli vähällä jäädä Yhdysvaltoihin lähtevästä laivasta. Bohrin mukana tieto ytimen halkeamisesta kantautui Yhdysvalloissa työskentelevien fyysikoiden korviin, joiden joukossa oli runsaasti sotaa paenneita eurooppalaisia, mm. Fermi. Nämä fyysikot pelkäsivät, että Saksassa kehitettäisiin atomipommi. Siksi he halusivat Yhdysvaltain hallituksen käynnistävän projektin, joka tutkisi oliko atomipommi ylipäänsä mahdollinen. Projektin käynnistyi, mutta vasta Yhdysvaltain liittyttyä mukaan sotaan japanilaisten Pearl Harboriin tekemän yllätysiskun jälkeen.

Fyysikoita askarrutti eniten se, miten uraanissa voitaisiin käynnistää ns. ketjureaktio. Neutroneja säteilevän radioaktiivisen uraani-isotoopin U 235:n erottaminen U 238:sta osoittautui vaikeaksi, mutta ei ylitsepääsemättömäksi ongelmaksi. Frederic Joliot oli ensimmäisenä todennut ketjureaktion olevan mahdollinen. Sodan syttyminen kuitenkin pysäytti Joliotin työryhmän tutkimukset. Vaikka Joliotista sodan jälkeen tulikin Ranskan ydintutkimuksen vastuullisin henkilö, hän menetti luottamustoimensa 1951 vasemmistolaisten mielipiteidensä takia. Sekä Irene että Frederic Joliot-Curie olivat vakaumuksellisia sosialisteja. Irene oli jopa toiminut ennen sotaa kansallisrintamahallituksen tieteellisen tutkimuksen valtiosihteerinä. Naisilla ei vielä tuolloin ollut Ranskassa äänioikeutta valtiollisissa vaaleissa.

Yhdysvalloissa tutkijat tekivät tarkoin varjeltua työtään salaisissa pommi-laboratorioissaan. Vuonna 1942 Chicagossa käynnistettiin ensimmäinen toimiva ydinreaktori, jossa hidastettujen neutronien törmäämistä uraaniytimiin voitiin säädellä. 1945 keväällä, kun sota Saksaa vastaan oli jo voitettu, toimiva ydinpommi alkoi olla valmis. Kesällä Los Alamosissa tehtiin onnistunut koeräjäytys. Elokuun 6. ja 9. päivänä pudotettiin atomipommit Hiroshimaan ja Nagasakiin.

Lise Meitneria hämmästytti pommin nopea kehittäminen ja hänen ympärillään heti sodan jälkeen puhjennut julkinen kohu. Hän sanoi eräälle lehdelle: ”En ole suunnitellut atomipommia. En edes tiedä millä sellainen näyttää tai miten se toimii. Minun on korostettava, etten ole millään lailla osallistunut atomin halkaisemiseen tai kuolemaa kylvävien aseiden valmistuspäätökseen. Älkää syyttäkö meitä tutkijoita niistä sovellutuksista, joita i sotateknikot keksinnöillemme löytävät.”

Vuonna 1963 Nobelin palkinnon jakanut *Maria Goeppert Mayer* (1906—72) lienee suhtautunut vähemmän omantunnonarasti ydinaseiden kehittelyyn. Maria saattoi syntyperältään saksalaisena kuulua niihin, jotka uskoivat, että pommi on kehitettävä ennen kuin Hitler ehtii ensin. Hänellä oli johdossaan 20 hengen työryhmä, joka tutki mahdollisuuksia erottaa uraanin isotooppeja toisistaan fotokemiallisin menetelmin. Tämä osoittautui käytännössä mahdolliseksi vasta paljon myöhemmin, laserin keksimisen jälkeen. Sodan loppuvaiheissa Goeppert Mayer osallistui Edward Tellerin johtamaan tutkimukseen, jossa selvitettiin aineen ja säteilyn ominaisuuksia korkeissa lämpötiloissa. Tämä työ liittyi suoraan atomiaseen kehittelyyn. Maria vietti keväällä 1945 joitakin kuukausia Los Alamosin pommilaboratorioissa.

Maria Goeppert Mayer syntyi Katowicessa 1906. Hän ylpeili sillä, että häntä ennen suvussa oli kuusi yliopistoprofessoria peräkkäin suoraan alenevassa polvessa. Maria muisteli: ”Isäni oli äitiä kiinnostavampi — hänhän oli tiedemies.” Isä ja tytär samoilivat yhdessä luonnossa, keräsivät fossiileja ja tarkkailivat pimennyksiä.

Marian ollessa kymmenvuotias hänen isänsä nimitettiin lastentautiopin

professoriksi Göttingeniin. Maria oli kiinnostunut matematiikasta ja fysiikasta oikeassa paikassa ja oikeaan aikaan. Kvanttimekaniikka syntyi ja kehittyi Göttingenissä 1920-luvun jälkipuoliskolla. Maria aloitti yliopisto-opintonsa 1924 pääaineenaan matematiikka. Kolmantena opiskeluvuotenaan hän osallistui Max Bornin pitämään fysiikan seminaariin, joka teki häneen niin suuren vaikutuksen, että hän vaihtoi pääainetta. Marian väitöskirja kvanttimekaniikan alalta valmistui 1930. Samana vuonna hän meni naimisiin Göttingenissä opiskelevan amerikkalaisen kemistin Joe Mayerin kanssa.

Kun Joe Mayer sai työpaikan Baltimoresta Johns Hopkins -yliopistosta, alkoivat Marian palkattomat vuodet ja työnsaantivaikeudet. Säädösten mukaan ei vaimoa voinut palkata samaan yliopistoon kuin miestä. Mariasta tuli palkaton ”vapaaehtoinen ylimääräinen tutkija”, jonka edut rajoituivat pieneen työhuoneeseen ja mahdollisuuteen luennoida ilmaiseksi jatko-opiskelijoille. Maria oli ainoa koko yliopistossa, joka hallitsi kvanttimekaniikkaa. Hän sovelsi tietojaan yliopistossa tehtävään orgaanisten yhdisteiden rakenteen selvittämiseen. Joe Mayerin kanssa hän luennoi statistisesta (monen kappaleen) fysiikasta. Mayerit julkaisivat tästä aiheesta yhteisen oppikirjan.

1939 Joe Mayer siirtyi ylimääräiseksi kemian professoriksi New Yorkiin. Maria sai jälleen tyytyä luennoimaan ilmaiseksi kemian opiskelijoille. Vasta 1942 hän pääsi ensi kertaa tekemään palkattua työtä, kun hän sai Vassar Collegesta puolipäiväisen matematiikan ja fysiikan opetustoimen. Samanaikaisesti hän teki edellä mainittuja salaisia sotilaallisia tutkimuksia, joihin johtavat tutkijat Yhdysvalloissa oli värvätty.

Sodan päätyttyä Joe Mayer siirtyi Chicagon yliopistoon, Maria tietysti perässä. Hänen uusi virkansa oli komealta kalskahtava mutta palkaton, nimikkeenä tällä kertaa ”vapaaehtoinen ylimääräinen professori”. Pian hän sai myös puolipäivätoimisen viran Argonnen kansallisen laboratorion vanhempana fyysikkona. Siellä hänen oli perehdyttävä uuteen alueeseen, ydinfysiikkaan. Maria Goeppert Mayer laski ensimmäisenä nestehyötöreaktorin kriittisyyden elektronisen tietokoneen avulla. Pääosan työstään hän teki kuitenkin atomiytimen teoreettisten ominaisuuksien parissa.

Laboratoriossa tutkittiin alkuaineiden kosmista alkuperää. Tutkijoita kiinnosti, mistä tiettyjen alkuaineiden kemiallinen stabiilisuus johtuu ja miksi toisia alkuaineita tai isotooppeja esiintyy luonnossa enemmän kuin toisia. Atomin ytimestä tiedettiin varsin vähän sen lisäksi että ytimen rakenneosia, protoneja ja neutroneja, koossapitävän vahvan ydinvoiman kantama tiedettiin hyvin lyhyeksi.

Maria Goeppert Mayer havaitsi, että protonien ja neutronien lukumäärässä esiintyy tiettyjä säännöllisyyksiä. Ytimet, joissa oli protoneja tai neutroneja 2, 8, 20, 28, 50, 82 tai 126 kappaletta, olivat selvästi stabiilimpia kuin muut. Wigner nimitti näitä lukuja myöhemmin ”maagisiksi luvuiksi”. Maria päätyi ytimen malliin, joka tunnetaan ytimen kuorimallina. Siinä ydinhiukkaset

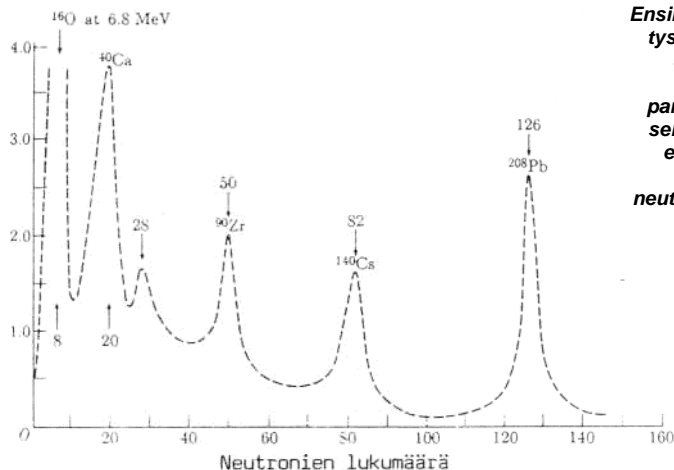
Maria Goeppert Mayer työskenteli salaisessa pommiprojektissa II maailmansodan kestäessä. Hän sai 1959 fysiikan Nobelin palkinnon osuudestaan ytimen kuorimallin keksimiseen.



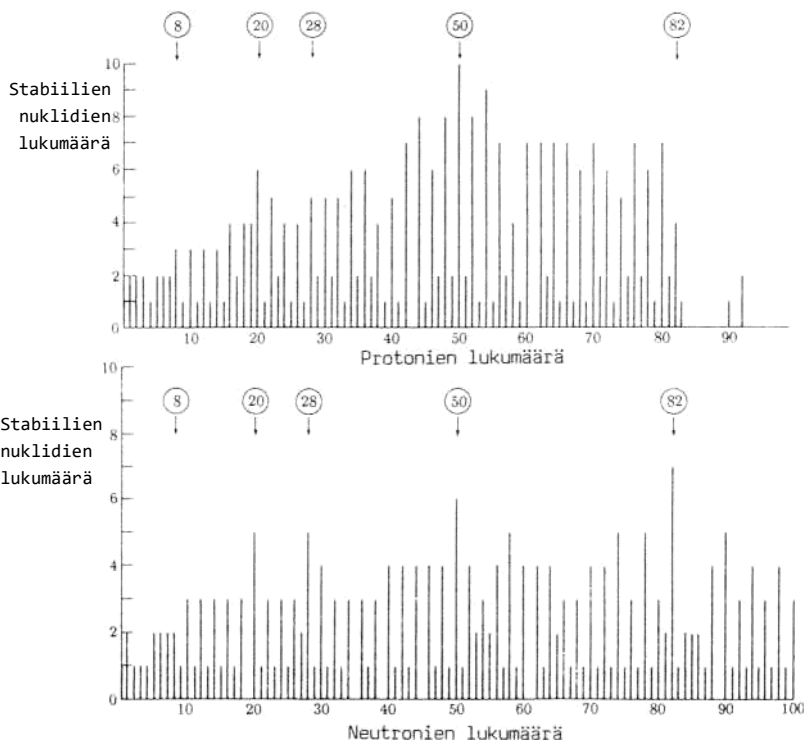
muodostavat ”kuoria” samaan tapaan kuin atomielektronit muodostavat elektronikuoria. Nämä ”ydinkuoret” ovat peräisin ytimen hiukkasten ns. spin-rata-vuorovaikutuksesta.

Saksalainen tutkija Jensen oli samaan aikaan päätynyt itsenäisesti samanlaisiin johtopäätöksiin. Jensen ja Goeppert Mayer eivät ryhtyneet kilpasille kuorimallin keksimisen kunniasta vaan jakoivat sen. Vuonna 1955 ilmestyi heidän yhteistyönsä tuloksena kirja *Elementary Theory of Nuclear Shell Structure* (Ytimen kuorirakenteen alkeisteoria). Jensen, Goeppert Mayer ja Eugene Wigner jakoivat 1963 Nobelin palkinnon ytimen rakenteen selvittämisestä.

Kun Kalifornian yliopisto tarjosi Marialle 1959 fysiikan varsinaisen professorin virkaa ja kylkiäisiksi kemian professuuria Joe Mayerille, Chicagon yliopisto hätäantyi ja tarjosi samaa — liian myöhään. Maria Goeppert Mayer saattoi tyytyväisenä sanoa olevansa sukunsa seitsemäs peräkkäinen professo-



**Ensimmäisen viri-
tystilan energiat
atomiytimille,
joissa on
parillinen määrä
sekä neutroneja
että protoneja.
"Maagisten"
neutronilukumää-
rien kohdalla
energiat ovat
suuret. Näitä
vastaavat
ytimet ovat
hyvin
stabiileja.**

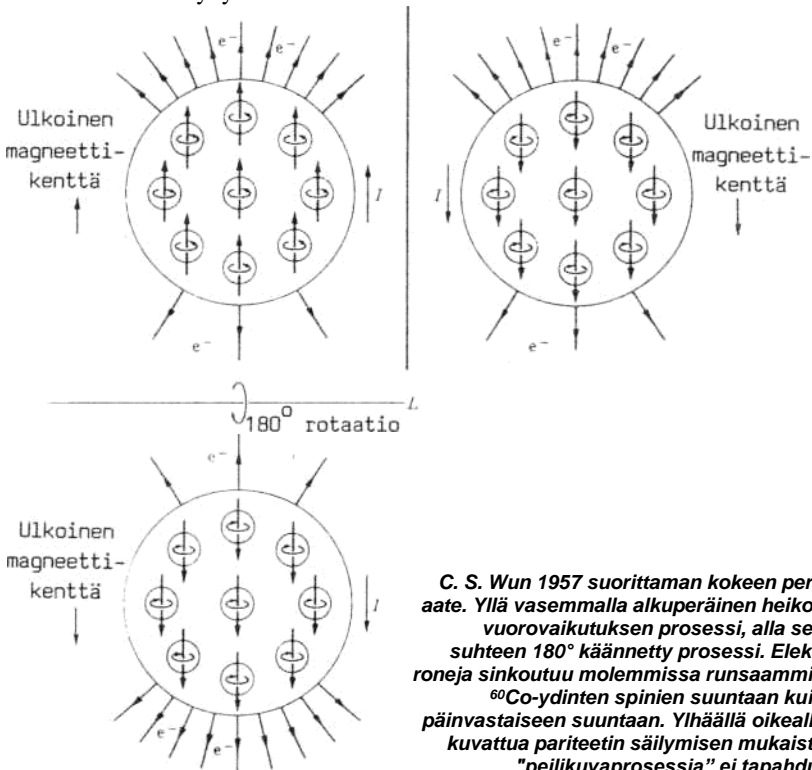


Stabiilien nuklidien (erilaisten ytimien) lukumäärä ytimen sisältämien protonien ja neutronien funktiona. Toiset protoni- ja neutronimuodostelmat ovat edullisempia kuin toiset.

ri suoraan alenevassa polvessa. Saamastaan Nobelin palkinnosta hän sanoi: ”Palkinnon voittaminen ei ollut läheskään yhtä jännittävää kuin itse työ. Kaikkein parasta oli nähdä ideansa toimivan.”

Kiinalainen *Chien Shieng Wu* (1913—) on tullut tunnetuksi kokeesta, jolla hän varmisti Leen ja Yangin esittämän aikoinaan hätkähdyttävän väitteen, ettei ns. pariteetti säily heikoissa vuorovaikutuksissa. Fyysikot olivat siihen saakka pitäneet pariteetin säilymistä ehdottomana luonnonlakina. Sen mukaan myös jokaisen fysikaalisen prosessin ”peilikuva” on mahdollinen luonnossa.

Wu testasi Leen ja Yangin väitettä v. 1957 kokeella, missä lähelle absoluuttista nollapistettä jäädytetyt kobolttiytimet ^{60}Co asetettiin voimakkaaseen magneettikenttään, niin että niiden spinit asettuivat tämän kentän suuntaisiksi. ^{60}Co -ydinten hajoaminen oli ns. heikon vuorovaikutuksen prosessi, jossa syntyy elektroneja. Nämä sinkoutuvat ytimen spinin suuntaan. Kun Wu käänsi systeemiä puoli kierrosta ympäri, elektroneja sinkoutui edelleen käännetyn ytimen spinin suuntaisesti, kun ”peilikuvaprozessissa” niiden olisi pitänyt tehdä päinvastoin. Pariteetti ei siis säilynytkään.



Chien Shieng Wu oli kiinalaisen älymystöperheen tytär, joka saapui 1930-luvulla Yhdysvaltoihin jatko-opiskelijaksi. Hän suoritti tohtorintutkintonsa 1940 ja keskittyi tutkimaan β -hajoamisessa syntyvää säteilyä. Sodan aikana hän teki monen muun fysiikan lailla salaista sotilaallista tutkimusta. Vuonna 1954 hänestä tuli Yhdysvaltain kansalainen. Lee ja Yang, joiden kanssa Wu oli työskennellyt vuodesta 1956 lähtien, saivat Nobelin palkinnon 1957, samana vuonna kun Wu oli varmistanut heidän rohkean väitteensä. Chien Shieng Wu puolestaan nimitettiin Kalifornian yliopiston varsinaiseksi fysiikan professoriksi.

Heikon vuorovaikutuksen välittäjähiukkasen löysi Carlo Rubbian työryhmä 1983. Tähän tutkimukseen osallistuivat myös suomalaiset hiukkasfysiikan tutkijat, heidän joukossaan *Ritva Kinnunen*, joka väitteli 1984 tohtoriksi aiheenaan kyseisten välittäjähiukkasten tuottoja hajoaminen protoni-antiprotonitörmäyksessä.

Barbara McClintockin hyppivät geenit

Sen jälkeen kun Max von Laue oli havainnut röntgensäteiden interferenssi-ilmiön kiteissä, alettiin röntgensäteitä käyttää hyväksi aineen rakenteen selvittämisessä. Säteiden kulkiessa kidehilan läpi ne heijastuvat hilatasoista ja vahvistuvat tietyissä suunnissa. Kiteen taakse asetetulle valokuvalevyllä syntyy tällöin kuvio, jonka säännönmukaisuuksista voidaan tehdä johtopäätöksiä eri atomien sijainnista kidehilassa. Tämä ns. röntgendiffraktiomenetelmä saattaa olla käytännössä tavattoman hankala. Ennen tietokoneiden aikakautta yksinkertaisimpienkin kemiallisten kiderakenteiden selvittäminen saattoi vaatia valtavia laskutoimituksia.

Englantilainen *Kathleen Lonsdale* (os. Yardley, 1903—71) oli ollut mukana röntgendiffraktion uranuurtajien William ja Lawrence Braggin työryhmässä, joka laati röntgendiffraktion teoreettiset ja käytännölliset perusteet. Toinen englantilainen tutkijana *Dorothy Hodgkin* (o.s. Crowfoot, s. 1910) puolestaan hankki oppinsa sen ajan johtavan englantilaisen aineen rakenteen tutkijan J. D. Bernalin laboratorista. Hodgkin väitteli tohtoriksi vuonna 1937 ja kierteli sen jälkeen Oxfordista Cambridgeen ja takaisin.

Penisilliinin merkitys bakteerien tappajana oli ymmärretty 1930-luvun lopulla. Sitä oli kuitenkin mahdotonta valmistaa keinotekoisesti laboratoriossa niin kauan kuin sen mutkikasta kemiallista rakennetta ei tunnettu. Dorothy Hodgkin sai käyttöönsä puhtaita penisilliinikiteitä ja ryhtyi tutkimaan niitä röntgendiffraktiota hyväksi käyttäen. Viisi vuotta kestänyt urakka valmistui 1949. Hodgkin oli ensimmäinen, joka käytti tietojenkäsittelymenetelmiä kiderakennelaskelmissa, sillä työnsä kestäessä hän oli saanut käsiinsä varsin alkeellisen IBM-reikäkorttikoneen.

Julkistettuaan penisilliinin rakenteen 1949 Hodgkin aloitti kuusi vuotta kestäväen uuden urakan kohteenaan B₁₂-vitamiini. Sen kemiallinen kaava on



**Dorothy Hodgkin
selvitti 1949 penisilliinin
kemiallisen
rakenteen.**

$C_{63}H_{88}O_{14}N_{14}PCO$, mikä ei vielä kerro tämän yhdisteen rakenteesta ja muodosta mitään. Koneelliset laskentamenetelmät olivat sentään pidemmällä kuin Hodgkinin uurastaessa penisilliinin kimpussa. B_{12} -vitamiini on lääketieteelliseltä merkitykseltään sekin tärkeä. Se on tarpeen veren punasolujen kehitykselle ja pemiöösin anemian hoidossa.

Dorothy Hodgkin sai näistä tutkimuksistaan Nobelin palkinnon 1964. Hän luovutti palkintorahansa rauhantutkimuksen edistämiseen.

Englantilainen *Rosalind Franklin* (1920—58) ehti menehtyä syöpään, ennen kuin Nobel-palkintolautakunta jakoi tunnustuksensa keksinnöstä, johon hän oli ollut osallisena. Röntgendiffraktiomenetelmät erinomaisesti hallinnut Franklin kuului Maurice Wilkinsin työryhmään, joka kilpaili siitä, kuka ensimmäisenä ennättäisi selvittämään DNA-molekyylin rakenteen. Kirjassaan *Kaksoiskierre* (1968) J. D. Watson on antanut varsin vääristyneen kuvan Rosalind Franklinin panoksesta ja Franklinista ihmisenä. Watson ja Francis Crick, jotka julkistivat DNA:n kaksoiskierrerakenteen huhtikuussa 1953, käyttivät työssään hyväkseen muun muassa Rosalind Franklinin otta-

mia röntgendiffraktiokuvia ja hänen tekemiään johtopäätöksiä. Sen lisäksi hän oli osoittanut, että Watsonin ja Crickin malli oli sopusoinnussa hänen ottamiensa kuvien kanssa. Crick on myöhemmin myöntänyt Franklinin olleen hyvin lähellä kaksoiskierrerakenteen itsenäistä keksimistä.

Rosalind Franklin ei ollut erityisen hyvissä väleissä muiden DNA-tutkijoiden kanssa, mutta hän oli taitava ja tinkimätön tiedenainen, joka olisi ansainnut rehellisemmän tunnustuksen panoksestaan. Watson, Crick ja Wilkins saivat lääketieteen Nobelin palkinnon 1962. Franklin oli kuollut syöpään neljä vuotta aikaisemmin.

Amerikkalainen *Rosalyn Yalow* (o.s. Sussman, s. 1921) sai lääketieteen Nobelin palkinnon 1977. Hän oli ollut osallisena kehittämässä menetelmää, jonka avulla ihmisen verestä voidaan löytää jopa häviävän pieniä ainemääriä. Aikaisemmin lääketieteen ulottumattomissa olleet vähäiset veren hormoni-, lääke-, entsyymi- ja vitamiinipitoisuudet voitiin nyt saada tarkoin selville.

Rosalyn Yalow oli kiinnostunut fysiikasta luettuaan Eve Curien kirjan *Äitini Marie Curie*. Pelkän kansakoulun käyneet vanhemmat toivoivat tyttärestään opettajaa ja pelästyivät tämän ryhtyessä lukemaan fysiikkaa toden teolla. Saadessaan assistentin paikan Illinoisin yliopiston teknillisessä tiedekunnassa Rosalyn huomasi olevansa ainoa nainen 400-päisen henkilökunnan joukossa. Hän väitteli tohtoriksi ydinfysiikassa vuonna 1945 ja erikoistui sen jälkeen radioisotooppien (alkuaineiden radioaktiivisten isotooppien) hyväksikäyttöön lääketieteessä.

Yalowin yhdessä Solomon Bersonin kanssa 1959 kehittämä, nobelpalkittu menetelmä perustuu näiden aineiden käyttöön veren koostumuksen arvioinnissa. Vereen ruiskutettu aine, esim. hormoni, käynnistää vasta-aineiden erittymisen vereen. Jos tämä aine on radioaktiivista, häviävän pieni määräkin riittää analyysin tekemiseksi, sillä näytteen radioaktiivisuus voidaan määrittää hyvin tarkoin. Yalowin ja Bersonin menetelmässä mitataan, paljonko merkkiainetta jää jäljelle vasta-aineiden muodostuttua. Näin saadaan selville paljonko ko. ainetta oli elimistössä alun perin.

Kolmantena naisena Marie ja Irene Curien jälkeen tieteen Nobelilla (1947) palkittu, Tšekkoslovakiasta 1920-luvulla Yhdysvaltoihin siirtynyt *Gerty Cori* (1896—1957) teki elimistön hiilihydraattiaineenvaihduntaan liittyviä tutkimuksia. Hänen tärkein työnsä liittyi glykokeeniin (eläintärkkelykseen). Amerikkalainen *Gladys Emerson* (s. 1903) eristi ensimmäisenä E-vitamiinin sen puhtaassa kidemuodossa vehnänalkioöljystä. Sen lisäksi hän on tutkinut syövän ja ravitsemuksen yhteyttä. New Yorkin terveystieteiden tutkijat *Rachel Fuller Brown* (s. 1898) ja *Elizabeth Hazen* kehittivät ensimmäisen antibiootin, joka tehoi sienitauteihin. Nämä olivat voimakkaasti lisääntyneet penisilliinin keksimisen jälkeen; penisilliini kun tuhosi vahingollisten bakteerien ohella myös sieniä tappavia bakteereja ja jätti elimistön suojattomaksi.

Nettie Stevens (1861—1912) oli amerikkalainen kirjastonhoitaja, joka ryhtyi 35-vuotiaana opiskelemaan fysiologiaa. Myöhemmin hän kiinnostui soluopista. Työskennellessään perinnöllisyystieteilijä T.H. Morganin laboratoriossa hän teki kokeita kovakuoriaisten sukupuolikromosomeilla. Hän päätteli X-kromosomisten siittiöiden hedelmöittävän naaraita ja Y-siittiöiden vastaavasti koiraita. Edmund Wilson oli samoihin aikoihin havainnut Stevensistä riippumatta saman. Saksalainen, Skotlantiin natseja paennut perinnöllisyystieteilijä *Lotte Auerbach* (s. 1899) on tutkinut mutageeneja (mutaatioita aiheuttavia aineita) sekä niiden valikoivaa vaikutusta geeneihin.

Barbara McClintock (s. 1902) on vuosisatamme geneetikoista omaperäisimpiä. Vuonna 1983 hän sai jakamattoman lääketieteen Nobelin palkinnon tutkimustyöstä, joka valmistui 1950 ja jota muut geneetikot pitivät pitkään käsittämättömänä, jopa pätkähulluna.

1950-luvun alussa elettiin DNA:n rakenteen selvittämisen aikaa. Uskottiin, että avain elämän salaisuuksiin oli tutkijoiden käsissä. ”DNA tekee RNA:n, RNA tekee proteiinin ja proteiini tekee meidät.” DNA:sta oli



Barbara McClintock 1947. Täysin itsenäisesti työskennellyt tutkija keksi geneettisen muuntelun 1945—50. Keksinnön suuri tieteellinen arvo ymmärrettiin vasta parikymmentä vuotta myöhemmin.

muodostumassa biologiaan samanlainen mekaaninen maailmanmalli, jollainen Newtonin oppi oli ollut tähtitieteelle ja fysiikalle ennen Einsteinia.

Barbara McClintockin tutkimukset liittyivät geneettisen aineen liikkuvuuteen. Hän oli koko uransa ajan seurannut yhtä kasvia, maissia. Yleensä perinnöllisyystieteellisissä tutkimuksissa käytettiin nopeasti lisääntyvää ba-



Maissi on kärsivällisen perinnöllisyystieteilijän tutkimuskohde. Yhden satokauden aikana Barbara McClintock ehti tutustua jokaiseen koepellolla kasvavaan tähkään. (Kuva Pressfoto)

naanikärpistä, joka tuotti uuden sukupolven joka 10. päivä. Maissin kasvu sen sijaan otti oman aikansa. Tutkija ehti sen kuluessa tutustua yksittäisiin kasveihin ja niiden pieniinkin eroavuuksiin.

McClintock havaitsi, että maissin mutaatiot olivat usein johdonmukaisia, niin että ”minkä yksi solu voitti, sen toinen menetti”. Paljon vihreitä raitoja sisältävän tummemman läiskän vieressä saattoi olla vaaleampi läiskä lehtivihreän määrän ollessa vakio. McClintock väitti, että geneettinen liikkuvuus esitti keskeistä osaa geenin rakenteesta ja säätelyssä. Geenit eivät olleet muuttumattomia, vaan ne saivat ohjeita geeniosien liikkua kromosomin osasta toiseen. Tämä liikekin oli ”ohjelmoitua”. Ohjeet tulivat koko solusta, yksilöstä ja jopa ympäristöstä.

Kun McClintock esitteli työnsä vuonna 1951, häntä kohtasi jätävä hiljaisuus, jota kesti pitkään 1960-luvulle asti. Tutkijat uskoivat yksisuuntaiseen tiedonkulkuun jäykästä DNA:sta elimistön proteiineihin. DNA:n koodin muuttuminen johtui vallitsevan näkemyksen mukaan häiriöistä ja ketjun vaurioitumisesta. Vasta vähitellen alettiin havaita, että mikro-organismeissa tapahtuu muuntelua. ”Hyppiviä geenejä” alettiin havaita myös eläimissä ja ihmisissä. Jäykkään DNA:han uskoville tutkijoille tämä oli melkoinen järkytys.

Barbara McClintock oli kehittänyt itse maissin kromosomien tunnistusmenetelmänsä 1920-luvulla erään vanhemman mieskollegan harmiksi, joka oli tuhlannut vuosia turhiin yrityksiin nähdä säännönmukaisuuksia maissin kromosomeissa. Cornellin yliopiston kasvitieteen laitoksella työskennellessään McClintockista kehittyi itsenäinen, jopa omapäinen tutkija. Hänen omimmaksi alakseen tuli sytogenetiikka, oppi näkyvän kromosomirakenteen yhteydestä perinnöllisyyteen. Periytyvien ominaisuuksien yhteys yksittäisiin kromosomeihin oli tunnettu siihen saakka vain banaanikärpäselle. McClintock laajensi tämän yhteyden myös maissiin.

Vaikka McClintockin loistavat tutkijanlahjat tunnustettiin yleisesti, oli hänelläkin tyypillisiä ”naisellisia ongelmia” työsaannissa. Koko 1930-luvun ajan hän teki työtään kirjavien ja niukkojen apurahojen turvin. Eräs rahoittaja on merkinnyt päiväkirjaansa tietoja McClintockin mahdollisuuksista edetä urallaan: ”Kasvitieteen osasto ilmeisesti haluaa mieluummin vähemmän lahjakkaan henkilön, joka on valmis hyväksymään suuren määrän rutiinivollisuuksia.” McClintock vietti muutamia vuosia Missourin yliopistossa, missä hän viihtyi niin huonosti että erosi. Vuonna 1942 hän vihdoin sai pysyvän tutkimuspaikan Camegie-säätiön geneettisellä tutkimusasemalla Cold Spring Harborissa New Yorkin lähellä. Siellä hän keksi geneettisen muuntelun vuosina 1945—50. Hän sai tunnustusta tästä työstään vasta 1970-luvulla. Sen viivästyminen johtui ehkä osittain siitä, että McClintockin tieteelliset artikkelit olivat hyvin vaikeatajuisia. Monet tutkijat eivät yksinkertaisesti ymmärtäneet niistä mitään.

Barbara McClintockia ei ole vielä kukaan lopullisesti ”hyväksytty”. Jotkut geneetikot pitävät tätä pientä vanhaa naista edelleen radikaalina mystikkona. McClintockin mielestä nykyään vallalla oleva luokittelua ja laskemista korostava tutkimus ei ota huomioon organismien olemusta, vaan hylkii teorioihin soveltumattomia tosiasioita ”poikkeavuuksina”. McClintockin mielestä on tärkeää ”nähdä yksi maissinjyvä joka on erilainen ja tehdä se ymmärrettäväksi”. Hän sanoo: ”Kun katson solua, laskeudun sen sisään ja katselen ympärilläni.”

McClintock on kutsunut tätä ”tunteeksi organismeja kohtaan”. Työskennellessään kasvien kanssa hänen oli tunnettava niistä jokainen. ”Ei ole kahta täysin samanlaista kasvia. Ne ovat kaikki erilaisia, ja siksi on tunnettava tämä ero... Aloitan taimesta, enkä halua jättää sitä sikseen. En tunne tietäväni sen tarinaa, ellen seuraa kutakin kasvia sen kasvaessa. Niinpä tunnen kaikki pellolla kasvavat kasvit, ja niiden tunteminen tuottaa minulle suurta iloa.”

Samaa kunnioitusta elävää luontoa kohtaan korosti amerikkalainen ekologian tutkija ja tiedetoimittaja *Rachel Carson* (1907—64). Hän teki pääosan



Rachel Carsonin "Hiljainen kevät" oli eniten ekologista maailmankuvaamme vaikuttaneita teoksia.

Jocelyn Bell (oik.) löysi taivaalta outoja pulssseja tehdessään havaintoja väitöskirjatyötään varten 1967.



elämäntyöstään Yhdysvaltain Kalastus- ja eräpalvelun (Fish and Wildlife Service) palveluksessa vuodesta 1935 lähtien. Hän oli jo lapsena rakastanut luontoa. Eläintieteen ja genetiikan opintonsa hän suoritti Johns Hopkins -yliopistossa Baltimoressa, jossa hän myös opetti jonkin aikaa. Rachel Carson julkaisi viisi kirjaa. Niistä tunnetuin on vuonna 1962 ilmestynyt *Hiljainen kevät*, yksi ekologista maailmankuvaa eniten mullistaneita teoksia.

Rachel Carson oli työssään joutunut näkemään DDT:n, sodan aikana kehitetyn ”ihmemyrkyn”, vaikutukset. Hän ei suostunut hyväksymään käsitystä teknologian luontoa tuhoavan vaikutuksen lainomaisesta väistämättömyydestä. *Hiljainen kevät* ei ainoastaan avannut silmiä vaan myös johti muutamiin perustaviin luonnonsuojelutoimiin.

Kirjassaan Carson vetosi voimakkaasti tieteen väärinkäyttöä vastaan: ”Luonnon valvonta ’herruudella’ on sanonta, jonka tulisi kuulua menneisyyteen, aikaan, jolloin luultiin luonnon ainoana tehtävänä olevan toimia ihmisen eduksi ja mukavuudeksi. Sen mukainen ajattelu kuuluu tieteen kivikauteen. Juuri siksi onkin niin järkyttävä onnettomuus, että tuon ajattelutavan omaaville on annettu käteen nykyajan kauheimmat aseet, jotka he hyönteisiin kohdistessaan ovatkin kääntäneet itseään maata tuhoamaan.”

Kun Jocelyn Bell kuunteli pieniä vihreitä miehiä

Englantilainen *Jocelyn Bell* (myöh. Bumell) aloitti 1960-luvun puolenvälin tienoilla jatko-opintonsa Cambridgessa Anthony Hewishin tutkimusryhmässä. Radiotähtitiedettä pidetään kaikista tähtitieteen haaroista miesvaltaisimpana. Bell totesi leikillään valinneensa alan, koska ei pitänyt yövalvomisesta. Radioaaltoja näet ”nähdään” radioteleskoopeilla keskellä kirkasta päivää.

Hewish oli päättänyt käyttää hyväkseen skintillaatiomenetelmiä kvasaarien, kaukaisten radiolähteiden, etsimiseen. Menetelmä perustuu siihen, että kompaktien radiolähteiden säteily ”tuikkii” harvan planeettainvälisen aineen läpi kulkiessaan. Muut tuolloin tunnetut pitkäaaltoista radiosäteilyä lähettävät kohteet olivat radiogalakseja, jotka suuremman kulmaläpimittansa takia eivät ”tuikkineet”. Hewish arveli voivansa poimia kvasaareita taivaalta niiden radiotuikinnan avulla.

Kun Jocelyn Bell tuli projektiin mukaan, oli radioteleskoopin rakentaminen juuri alullaan. Laitteesta piti tulla suuri, sillä etsitty tuike oli hyvin nopeaa. Teleskooppi pyydysti 81.5 Mhz:n taajuuksia eli 3.7 metrin pituisia radioaaltoja. Hewishin työryhmä pystytti noin 57 tenniskentän kokoiselle alueelle mahtavan ryteikön seipäitä, johtoja ja kaapeleita. Seipäitä kului toista tuhatta. Tutkimusryhmän lihasvoimat kasvoivat melkoisesti. Kerrotaan erään astronomin rikkoneen voimankoeuslaitteen Cambridgen vuotuisilla juhannusmarkkinoilla.

Valmis teleskooppi käynnistettiin kesäkuussa 1967. Se pyyhki taivasta

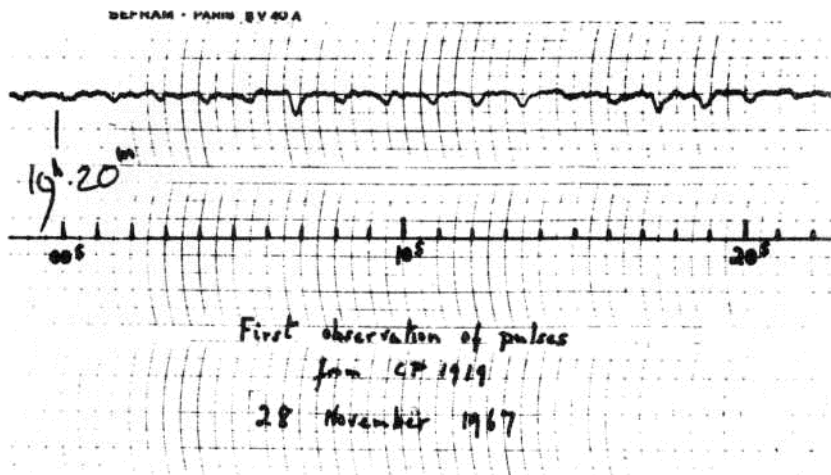
niin että koko pohjoinen tähtitaivas käytiin lävitse 30 kertaa puolessa vuodessa. Tuikkeen oli määrä näkyä interferometrin piirturin kidastaan sylkemillä paperinauhoilla, joita syntyi kolmisenkymmentä metriä vuorokaudessa, seitsemänä päivänä viikossa puolen vuoden ajan. Jocelyn Bellin tehtävä oli analysoida yksinään useita kilometrejä tätä nauhaa ja tunnistaa kvasaarikandidaatit taustahälyn ja maanpäällisten häiriöiden seasta.

Vähitellen Jocelyn Bell alkoi tulla liiankin tutuksi piirturin jälkien kanssa, ja hän huomasi outoja ”niskavilloja”, jotka eivät muistuttaneet sen enempää kvasaaria kuin mitään muutakaan. Hän alkoi muistella nähneensä samantapaisia jälkiä samasta osasta taivasta satoja nauhametrejä aikaisemmin. Bell kääntyi ongelmiseen Hewishin puoleen, joka piti ilmiötä kiintoisana. Aikaa sen tutkimiseen ei kuitenkaan löytynyt ennen kuin marraskuussa 1967. Hewish ja Bell ryhtyivät tarkkailemaan outoja jälkiä jättävää kohdetta juoksuttamalla piirturin nauhaa nopeammin eteenpäin sen tullessa kohdalle. Mitään ei kuitenkaan näkynyt viikkoihin, ja Hewish päätteli sen olleen ns. flare-tähden purkaus, joka oli jo ehtinyt sammua. Bell, jonka tehtävänä oli mennä joka päivä painamaan nopea nauhanjuoksutus käyntiin, muistelee pinnanneensa tästä velvollisuudesta mennäkseen kuuntelemaan erityisen kiinnostavaa luentoa. Seuraavana päivänä kävi ilmi että ”niskavillat” olivat palanneet paperille.

Pari päivää myöhemmin Bell sai vihdoon nopealle nauhalle tarkemman jäljen kohteen radiosäteilystä. Hän havaitsi säteilyn tulevan säännöllisissä suunnilleen 1.3 sekunnin jaksoissa. ”Tämä on aika hämmästyttävää. Jopa minä tiesin sen olevan melko hämmästyttävää”, muistelee Bell. Hän testasi ensin piirturin kynän kunnan löytämättä siitä moitteen sijaa. Hänen ei auttanut muu kuin soittaa Hewishille ja ilmoittaa tapahtuneesta. Hewishin yksiselitteinen kanta oli, että säännönmukainen pulssi on peräisin jostakin maanpäällisestä lähteestä. Kun asiaa ryhdyttiin tarkistamaan, kävi kuitenkin ilmi, että säteilyä oli tullut samasta suunnasta yli kolmen kuukauden ajan. Näin ollen pulssit eivät voineet mitenkään olla peräisin maapallolta. Hewish tarkisti asian kirjoittamalla kaikkiin englantilaisiin observatorioihin ja kysymällä olivatko nämä tehneet viime kuukausina kokeita, jotka saattaisivat aiheuttaa häiriöitä. Kun vastaus oli kielteinen, oli seuraavaksi selvitettävä, tulivatko ”niskavillat” vain Hewishin radioteleskoopista vai voitaisiinko ne pyydystää jollain muullakin laitteella. Jos voitaisiin, pulssit epäilemättä olisivat todellisia ja avaruudesta lähtöisin. Kun sama tuike havaittiin toisellakin radioteleskoopilla, oli Hewishilla kova pätkinä purtavanaan. Mikä oli tähti joka näytti tähdeltä tähtien joukossa mutta lähetti säännöllisiä lyhyitä radiopulsseja?

Jocelyn Bell muistelee:

”Tähän mennessä oli jo melkein joulukuun Eräänä päivänä menin Tonyn toimistoon kysyäkseni häneltä jotain ja havaitsin kävellessäni keskelle korkean tason konfe-



Piirturinauhan "niskavillat" paljastuivat nopeasti nauhaa juoksuttamalla säännöllisiksi pulsseiksi. Jocelyn Bellin ensimmäinen pulsarihavainto marraskuussa 1967. (Mullard Radio Astronomy Laboratory)

renssia. Emme todella usko että pienet vihreät miehet lähettävät meille viestejä, mutta meillä ei myöskään ole aavistustakaan mistä voi olla kysymys — miten ihmeessä julkistamme asian. Siihen asti olimme pelänneet niin pahoin joutuvamme naurunalaisiksi, että olimme pysytelleet hiirenhiljaa. Sinä iltana menin kotiin tosi pahalla tuulella. Olin nyt suorittanut kolme ja puoli vuotta nelivuotisista jatko-opinnoistani, ja nyt joukko typeriä Pieniä Vihreitä Miehiä päättää valita *minun* teleskooppini ja *minun* radiotaajuuteni lähettääkseen viestejä Maa-planeetalle. Päivällisen vahvistamana menin takaisin laboratorioon, koska näiden hullunkuristen pulssien temppuilla rutiininauhaa solui edelleen piirturista kolmekymmentä metriä päivässä, ja niiden analyysi oli jäämässä tosi pahasti jälkeen aikataulusta.”

Samana iltana Jocelyn Bell sai näkyviinsä lisää pulsarin ”niskavilloja”. Hän päätti selvittää asian kerta kaikkiaan ja meni teleskoopille, kun kohteen oli määrä tulla loppuillasta näkyviin.

”Oli hyytävän kylmää. Kun on kylmä, jokin teleskoopissa ja vastaanottolaitteessa ei toimi, ja tietenkään se ei toiminut nytäkään. Mutta napsuttelin kytkimiä ja puhalsin laitteeseen ja kiroilin sille, kunnes sain sen toimimaan viiden minuutin ajan oikealla kytkennällä. Ja näkyviin tuli uusi rivistö pulsseja. Niiden taajuus oli tällä kertaa 1.19 sekuntia minuutissa.

Olin matkustamassa Irlantiin joululomalle myöhemmin samana päivänä, niinpä pinosin nauhat Tonyn pöydälle ja lähdin, paljon tyytyväisempänä. Oli hyvin epätodennäköistä, että kaksi eri ryhmää Pieniä Vihreitä Miehiä valitsisi saman epätavallisen taajuuden ja epätodennäköisen menetelmän lähettääkseen viestejä samalle vähäpätöiselle Maa-planeetalle.



Rapusumun keskellä on nopeasti pyörivä pulsari. Sumu on syntynyt tähden supernovaräjähdyksessä.

Lomalta palattuaan Jocelyn Bell tarkisti heti ensi töikseen, mitä piirturi oli tällä välin piirrellyt. Aivan oikein — nauhalla oli lisää ”niskavilloja”. Tarkistus tuotti kaksi uutta pulsaria, joiden jaksot olivat 1.27 sekuntia ja neljännessekunti.

Oli jo tammikuun puoliväli. Jocelyn Bell jätti teleskoopin seuraavan jatko-opiskelijan haltuun ja vetäytyi piirturinauhoineen kirjoittamaan väitöskirjaansa kvasaareista. Pulsarit sijoitettiin liitteeseen. Helmikuun lopussa 1968 Hewish, Bell ja kolme muuta tutkimusryhmän jäsentä julkaisivat löytönsä *Naturessa*. Pian tähtitieteilijät ryhtyivät kilvan selvittämään, mistä näiden uudenlaisten tähtien, pulsareiden, jaksollinen radiosäteily johtui. Nykyään tiedetään pulssien syntyvän voimakkaan magneettikentän ympäröimän tiiviin neutronitähden pyöriessä nopeasti akselinsa ympäri. Tunnetuin pulsari on Härän tähdistössä sijaitsevan Rapusumun keskustähti.

Viittaus siihen, että tutkijat olivat epäilleet pulssien olevan pienten vihreiden miesten lähettämiä, herätti tietysti lehdistön mielenkiinnon. ”Kun lehdet saivat tietää, että S. J. Bell oli naispuolinen, he ilmestyivät paikalle kahta vikkelämmin. Minut kuvattiin seisomassa rantatöyräällä, istumassa rantatöyräällä ja seisomassa rantatöyräällä tyhjiä havaintoliuskvoja tutkien. Erään

lehden valokuvaaja jopa pani minut kirmaamaan pitkin rantaa käsiäni heilutellen — ’näytä nyt onnelliselta, kultaseni, olet juuri tehnyt Keksinnön!’ Miten he olisivatkaan kohdelleet Arkhimedesta? Minulle esitettiin myös monia sattuvia kysymyksiä, kuten olinko pitempi kuin prinsessa Margaret vai ehkä hieman lyhyempi? Montako poikaystävää minulla oli kerrallaan?”

Anthony Hewish sai fysiikan Nobelin palkinnon 1974. Monet ovat huomauttaneet, että Jocelyn Bell olisi ansainnut osan kunniaista. Tätä itseään ei palkinnon menettäminen vaivannut. ”Olen hyvässä seurassa, enkö olekin?” Hän arveli Nobelin palkintojen arvon laskevan, jos niitä ruvettaisiin jakamaan tutkimusopiskelijoille.

Ben Martin ja John Irvine julkaisivat 1982 tutkimuksen neljäntoista englantilaisen naispuolisen radioastronomian urakehityksestä 1940-luvulta alkaen, jolloin radioastronomia eriytyi omaksi tieteenalakseen. He havaitsivat naisten menestyneen opinnoissaan yhtä hyvin kuin miesten, ellei jopa paremminkin. Kaikki naisopiskelijat olivat suorittaneet tutkintonsa, kun noin 20 % miehistä epäonnistui tai keskeytti. Naisten tutkinnon suorittamiseen kuluttama aika ja tieteellisten julkaisujen määrät olivat samat kuin miehillä. Ensimmäisessä työpaikassaan naiset pärjäsivät vielä hyvin, mutta sitten erot tulivat esiin. Kun miehet sijoittuivat varsin mukavasti vakinaisiin virkoihin, naisten enemmistö sen sijaan hoiti vielä kauan valmistumisensa jälkeen väliaikaisia ja vähäpätöisiä töitä. Suurimmaksi syyksi tilanteeseen tutkijat havaitsivat perhetilanteen. Kun naistähtitieteilijän aviomies sai hyvän työtarjouksen, oli vaimon muutettava mukana uuteen korkeakouluun ja tyydyttävä siihen mitä oli tarjolla. Jocelyn Bell, joka meni naimisiin ja muutti toiselle puolelle maata pian pulsarien löytämisen jälkeen, ei ollut sen paremmassa asemassa. Kymmenen vuotta valmistumisensa jälkeen hän oli edelleen osapäivätoiminen tutkija samaan aikaan kun hänen miespuolisista kurssitovereistaan oli tullut luennoitsijoita ja vanhempia tutkijoita.

Kun Yhdysvaltain tähtitieteilijäseura AAS (American Astronomical Society) teki 1979 selvityksen naisjäsentensä asemasta, olivat löydökset samansuuntaisia. 8.2 % seuran jäsenistä on naisia. Nämä ansaitsivat keskimäärin vähemmän kuin miehet, ja sen sijaan että palkkaerot olisivat olleet supistumaan päin, ne kasvoivat. Naisten virat olivat johdonmukaisesti epävarmempia ja alempana hierarkiassa kuin miesten. Suunnilleen joka toinen naistähtitieteilijä oli naimisissa samalla alalla työskentelevän miehen kanssa. Näiden naisten urakehitykseen vaikutti selvästi se, että he olivat valmiita asettamaan aviomiehen työn omansa edelle, muuttamaan paikkakunnalta toiselle ja ottamaan vastaan heikosti palkattuja vähemmän arvostettuja työtehtäviä. Tutkimus paljasti, että naimattomat naiset ansaitsivat selvästi enemmän kuin ”tähtitieteellisten pariskuntien” naiset.

Sääntöä vahvistavaksi poikkeukseksi voidaan nimetä *Margaret Burbidge* (o.s. Peachey, s. 1920), joka on tähtitieteilijänä saavuttanut lähes kaiken

mahdollisen. Kun AAS halusi 1971 antaa hänelle naistähtitieteilijälle tarkoitettun Annie J. Cannon -palkintonsa, Burbidge kieltäytyi, koska piti pelkästään naisille tarkoitettuja palkintoja syrjintänä. Joitakin vuosia myöhemmin hänet valittiin AAS:n puheenjohtajaksi.

Margaret Burbidge opiskeli tähtitiedettä Lontoossa. Hänestä tuli 1948 Lontoon yliopiston observatorion varajohtaja. Vuonna 1951 hän siirtyi Yhdysvaltoihin. Yhdessä miehensä Geoffrey Burbidgen sekä William Fowlerin ja Fred Hoylen kanssa hän julkaisi 1957 tutkimuksen raskaampien alkuaineiden ja nykyisin havaittavien alkuainepitoisuuksien syntymisestä tähdissä ydinreaktioiden kautta. Tätä on kutsuttu työksi, jolle suurin piirtein kaikki myöhemmät tutkimukset alkuaineiden muodostumisesta tähdissä perustuvat.

Tämän ohella Margaret Burbidge on tutkinut galakseja ja tunnetun maailmankaikkeuden äärilaidoilla sijaitsevia kvasaareita. Tarkasteltuaan galaksien massoja ja pyörimistä sekä niiden alkuainepitoisuuksia hän ryhtyi 1960-luvulla tutkimaan epätavallisia galakseja ja kvasaareja, erityisesti kvasaarien spektrejä. Hän tulkitse niissä näkyvät tummat viivat eri punasiirtymiä vastaaviksi alkuaineiden viivoiksi, joiden siirtymä ei välttämättä ole sama kuin kvasaarin emittoiman säteilyn siirtymä.

Vuonna 1964 Burbidge nimitettiin tähtitieteen professoriksi San Diegoon, Kalifornian yliopistoon. Viisi vuotta myöhemmin hänestä tuli Astrofysiikan ja avaruustutkimuksen instituutin johtaja. Vuonna 1972 hän astui ensimmäi-



Margaret Burbidge (vas.) on tutkinut kvasaareja sekä alkuaineiden muodostumista maailmankaikkeudessa. (Kuva Will Gullette, University of California, San Diego)

Beatrice Tinsleyn (oik. alh.) tutkimukset galaksien kehityksestä merkitsivät suunnanmuutosta kosmologiassa.

Isommassa kuvassa galaksi-joukko Kentaurin tähtikuvion alueella. Kuva on otettu Chilessä Cerro Tololon 4 metrin kaukoputkella. Kirkkaan keskusalaksien ympärillä näkyy kymmeniä oman Linnunratamme kaltaisia galakseja. (Kuva National Optical Astronomy Observatories)



senä englantilaisena naisena Greenwichin observatorion johtajan virkaan. Sattumoisin johtajalle kuulunut ”kuninkaallisen tähtitieteilijän” komealta kalskahtava titteli päätettiin samanaikaisesti erottaa johtajan virasta erilleen. Burbidge erosi jo seuraavana vuonna kesken virkakauttaan, koska hän ei tuntenut saaneensa riittävästi tukea kunnianhimoisille suunnitelmilleen Englannin optisen tähtitieteen kehittämiseksi. Sittenmin Margaret Burbidge, joka tunnetaan pystyvänä hallintonaaisena, on ollut käynnistämässä Avaruustelekoopin tiedeinstituutin toimintaa.

Perinteisemmin eteni *urallaan Beatrice Tinsley* (o.s. Hill, 1941—81). Hän siirtyi 1963 Uudesta-Seelannista Teksasiin. Koska aviomies asui Dallasissa, oli Beatricen matkustettava joka viikko Teksasin yliopiston tähtitieteen laitokselle Austiniin asti. Siitä huolimatta hän julkaisi ensiluokkaisen väitöskirjatyönsä ennätysajassa vuonna 1967. Tämän jälkeen kesti kuitenkin vuoteen 1978 saakka, ennen kuin hän sai pysyvän viran. Sattumoisin Beatrice Tinsley sai kuulla nimityksestään tähtitieteen professoriksi samaan aikaan kun hän sai tietää sairastavansa parantumatonta ihosyöpää, johon hän kuoli vain 40-vuotiaana.

Beatrice Tinsleyn väitöskirjatyö merkitsi suunnanmuutosta kosmologisessa tutkimuksessa. Hän tutki, miten tähtien muodostumisen, kehittymisen ja tähtienvälisen aineen monimutkaista vuorovaikutusta voidaan kuvailla. Hän havaitsi, että kosmologisten mallien ennustamat galaksien kirkkaudenmuutokset ovat pienempiä kuin yksittäisten galaksien elämänskaareen liittyvistä ilmiöistä aiheutuvat kirkkaudenmuutokset. Galaksien vaihtelevia ominaisuuksia ja punasiirtymiä oli siihen saakka käytetty lähinnä kosmologisiin, maailmankaikkeuden kehitykseen liittyviin tutkimuksiin. Tinsleyn ansiosta nämä galakseja koskevat tiedomme muuttuivat nyt ensi sijassa galaksien kehityksen tutkimusvälineiksi.

Tinsleytä on kutsuttu 1970-luvun keskeiseksi galaksien kehityksen tutkijaksi. Kesti jonkin aikaa, ennen kuin hänen tuloksensa hyväksyttiin. Häntä kiinnosti se, miten galaksien ”aineenvaihdunta” toimii ja mitä pitkälle kehittyville tähdille tapahtuu myöhäisemmissä vaiheissa. Tinsley uskoi että yksinkertaiset selitysmallit eivät riittäneet, vaan oli otettava huomioon suuri määrä keskenään vuorovaikutuksessa olevia, monimutkaisia tekijöitä, ennen kuin erilaisten galaksimallien synteesi olisi mahdollista.

Margaret Burbidge on sanonut tähtitieteen olevan osoitus ihmisen perusvietistä tutkia maailmaa jossa elämme. ”Se on synnynnäinen pyrkimys, kuten tietää jokainen joka on nähnyt pikkuvauvan tutkivan varpaiden ja sormien, lastensängyn, olohuoneen lattian ja pihan muodostamaa laajenevaa, tavoitettavaa maailmaa. Mikä olisi luonnollisempaa kuin tavoitella äärimmäistä päämäärää — koko maailmankaikkeuden tutkimista, vaikka suurin osa siitä onkin tietojen järjeliyyden perustuvaa analysointia, sillä kaukainen maailmankaikkeus on todellakin lähes käsittämättömän etäällä.”

Hypatian tyttäret tänään

Rakkaudesta tieteeseen

Evelyn Fox Keller, entinen teoreettinen biofyysikko ja nykyisin naisnäkökulmaa painottava tieteenfilosofi, opiskeli 1950-luvun lopulla teoreettista fysiikkaa. Vajaat kaksi vuotta kestäneiden jatko-opintojen jälkeen hän vaihtoi alaa. Fox Keller on kirjoittanut laajasti tästä kokemuksestaan.

”Rakastuin teoreettiseen fysiikkaan... Rakastuin samanaikaisesti ja erottamattomasti opettajiini, puhtaaseen, tarkkaan, selkeään ajatteluun ja siihen mitä pidin sen tavoitteena. Rakastuin ajatteluun. Rakastuin sen lisäksi mielikuvaan itsestäni ponnistelemassa ja onnistumassa alueella, jolle naiset olivat vain harvoin uskaltaneet. Se oli humalluttava kokemus. ... Haaveilin jatko-opinnoista ja fyysikon työstä. Uskoin että minua odotti näiden haavekuvien täyttyminen. Jopa ’fyysikon työ’ oli haaveenomaista. En osannut muodostaa selkeää kuvaa itsestäni tässä roolissa, en osannut selkeästi kuvitella, mitä siihen sisältyi. Näkemykseni tiedeyhteisöstä oli ilmava kuin unikuva. Minut huumasivat mielikuvat jotka olivat lähtöisin lähinnä omasta päästäni.”

”Ensimmäisenä päivänäni Harvardissa sama mies, joka oli kannustanut minua pyrkimään sinne, kertoi että odotukseni olivat vailla pohjaa. Esimerkiksi en voinut mennä kurssille ... joka oli saanut minut alun perin valitsemaan Harvardin, eikä minun sopinut vaivata päätäni kvanttimekaniikan perimmäisillä asioilla (ainoa, mikä päätäni totisesti vaivasi).” Fox Kellerin laskeutuminen opintojen jokapäiväiseen todellisuuteen oli epätodellisen kova. Häneltä kysyttiin suoraan, eikö hän tiennyt, ettei yksikään nainen ollut koskaan menestynyt Harvardissa. Kun hän ratkaisi omaperäisesti hankalan tehtävän, professori tiedusteli mistä ratkaisu oli kopioitu. Opiskelijoille teroitettiin, että fysiikka oli vaikeaa ja että sen opiskeleminen juuri Harvardissa oli maailman uskaliain henkinen voimakoetus. Fox Keller tunsu, että häntä painostettiin myöntämään, ettei hän voisi onnistua tässä miehisessä turvapaikassa. ”Aloin menettää tajun siitä, mitä todella ymmärsin tai en ymmärtänyt. ... Se, että menestyin kuulusteluissa, ei auttanut asiaa tippaakaan.”

Missä olivat muut naisopiskelijat? ”Heitä oli kaksi, eivätkä he jakaneet sen enempää kunnianhimoani, suhtautumistani fysiikkaan kuin kiinnostustanikaan. Siksi, häpeällistä kylläkin, en ollut kiinnostunut heistä. Vieläkin pahempaa, haluni tulla otetuksi vakavasti fyysikkona johti siihen, että vältin

kaikkea samaistumista muihin naisopiskelijoihin, koska mielestäni heitä ei voinut ottaa vakavasti. Kuten useimmat naiset, joilla on ns. miehisiä pyrkimyksiä, vähät välitin naisten keskinäisestä tuesta.”

Toinen opiskeluvuosi oli vieläkin raskaampi. Fox Kellerillä ei ollut ystäviä Harvardissa, eivätkä tiedeyhteisön ulkopuoliset, läheisetkään ystävät lainkaan käsittäneet hänen tilannettaan. ”Eikö ollut olemassa ainuttakaan naista, joka teki tai oli tehnyt samoja asioita, joita minä yritin tehdä? En tuntenut ketään. Asemani oli käymässä yhä epämukavammaksi.” Kun päätös fysiikan jättämisestä syntyi, kaikki muuttui äkkiä. Jopa äsken niin etäiset opiskelutoverit tuntuivat muuttuneen ystävällisiksi yhdessä yössä. ”Selvästikään en ollut heille enää uhkaava.” Fox Keller ryhtyi opiskelemaan molekyylibiologiaa ja päätyi biofyysikoksi. Hän tilittää: ”Aloitin jatko-opintoni ajatellen teoreettisen fysiikan olevan väline, jolla luonnon syvimpiä salaisuuksia tutkitaan — käsitys, joka nykyisinä aikoina on ehkä parhaiten ruumiillistunut Einsteinissa. Matematiikan käyttö avaruuden, ajan ja aineen olemuksen ymmärtämisen edistäjänä edusti inhimillisten ponnistelujen suurta askelmaa. Ryhdyin opiskelemaan, koska halusin oppia enemmän näistä perusasioista. Sen sijaan minulle opetettiin, miten fysiikkaa harjoitetaan. Viisauden sijasta minulle opetettiin käytännön taitoja. Tämä vaihto tehtiin moraalisen kiihkon säästyksellä. Oli väärin, härkäpäistä, suorastaan tyhmää kuluttaa kallista aikaansa syiden kyselemiseen. Oikeaa nöyryyttä oli raataa ja oppia menetelmiä... Kaikenlaiset filosofiset pohdiskelut olivat syvimmissä aallonpohjassaan. Sen sijaan menetelmät, joilla laskettiin n: nnen asteen korjauksia perustuksiaan myöten puutteellisille teorioille, olivat päivän sana.”

Fysiikka oli muodostunut teollisuudenhaaraksi, joka tarvitsi lisää teoreetikolta ja käsityöläisiä. Fyysikoiden lukumäärä kasvoi rajusti kaikkialla heti toisen maailmansodan jälkeen. Sama tapahtui monissa muissa tieteissä, joiden kasvu oli edellytyksenä teknologisesti kehittyneen yhteiskunnan syntymiselle.

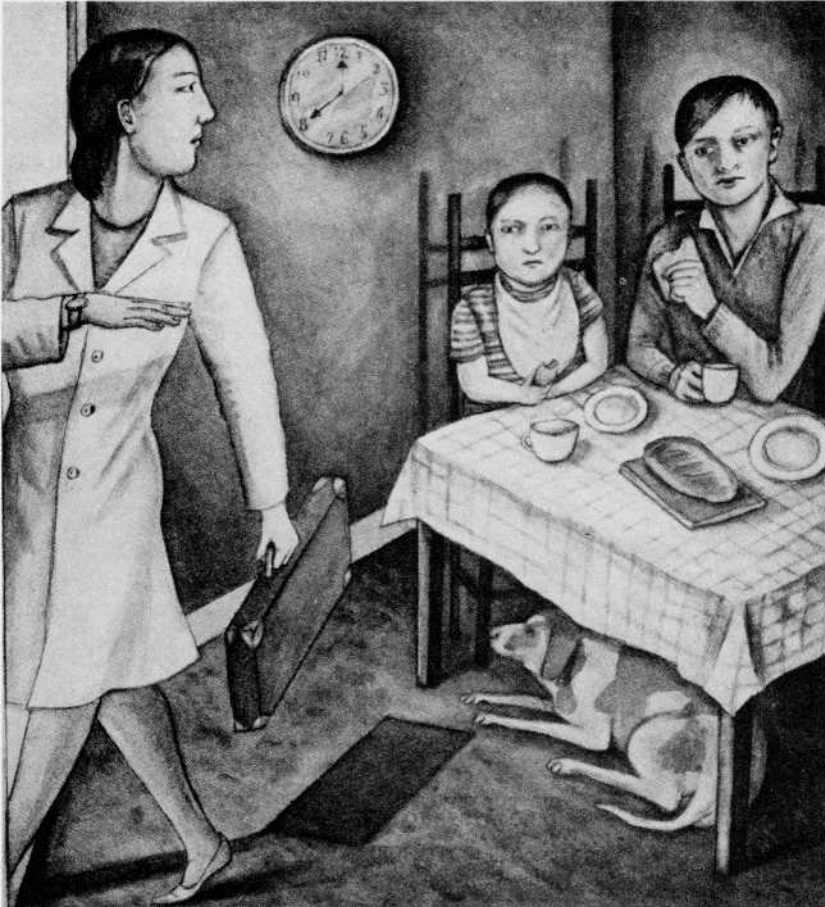
Miten naistutkijoiden asema on muuttunut tieteen ja teknologian aseman vahvistuessa? Tilastot osoittavat esimerkiksi, että naisten osuus fysiikassa korkeamman tutkinnon (DSc) suorittaneista, joka 1920-luvulla oli Yhdysvalloissa 4 % luokkaa, 1950-luvulla vain 1.8 %, alkoi hitaasti nousta. Nykyään Yhdysvalloissa korkeamman tutkinnon suorittaneista fyysikoista on runsaat 4 % naisia. Samanlainen aaltoliike näkyy naistähtitieteilijöiden kohdalla, vain sillä erotuksella että noin neljännes tähtitieteen tohtoreista oli Yhdysvalloissa naisia ennen toista maailmansotaa. 1950-luvulle sattuneen minimin jälkeen heidän osuutensa on vakiintunut 8 % tienoille. Kaikki luonnontieteet mukaanluettuna naisten osuus oli 1920-luvulla 15 % luokkaa, 1940-luvulla 11 %. Kasvu on ollut loivaa ja varsin hidasta.

Työmarkkinoilla näiden tiedenaisten asema muistuttaa naisten asemaa

yleensä. Naiset keskittyvät heikommin palkattuihin, vähemmän vaativiin töihin myös luonnontieteissä. Yhdysvalloissa tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että naisfyysikoiden työttömyysluvut ovat edelleen selvästi suuremmat kuin miesten. Puolipäivätyötä teki naisista 16 %, mikä on kymmenkertainen määrä miesten vastaavaan määrään nähden.

Tilanne on samansuuntainen muissakin maissa. Neuvostoliitossa oli 1970 suoritettun tutkimuksen mukaan 27 % luonnontieteellisen loppututkinnon suorittaneista naisia, ylimmän tutkinnon suorittaneista enää 13 %.

Nykyaikaisen yhteiskunnan toiminta perustuu sille, että osa ihmisistä tekee täysipainoista, palkattua kokopäivätyötä, sillä välin kun toinen osa



"Vasta kun ansiotyö menettää asemiaan miesten elämässä se voi vallata enemmän alaa naisten elämässä." Anne Howesonin piirros New Scientist -lehden kannessa huhtikuussa 1982.

ihmisistä tekee sen mahdolliseksi suorittamalla palkatonta työtä, ns. kotityötä. Edellisessä luvussa mainitun radioastronomeja tarkastelleen tutkimuksen tehneet Ben Martin ja John Irvine eivät löytäneet mitään suorituseroja naisten ja miesten välillä. Sen sijaan naisten heikko myöhempi urakehitys johtui heidän mielestään siitä, että naisten ura uhrattiin aviomiehen uran edistämisen hyväksi. Tutkimuksen tekijät päättelivät, että parannuksena tilanteeseen voisi olla vain työn tasapainottaminen niin, että miehet ryhtyisivät tekemään osansa palkattomasta työstä. ”Vasta kun ansiotyö menettää asemiaan miesten elämässä, se voi vallata enemmän alaa naisten elämässä.” Evelyn Fox Keller on puolestaan todennut: ”Miesten elämä on ei-yksityistä vain siksi ja vain siihen määrään kuin naisten elämä on yksityistä.”

Toimittaja Vivian Gornick, joka haastatteli tiedenaisia kirjaansa varten, kertoo 55-vuotiaasta perinnöllisyystieteilijästä. Tämä asenne väitteeseen, jonka mukaan ensiluokkaisen tutkijan tulisi viettää 90 tuntia viikossa laboratoriossa, oli selkeä: ”Roskaa. Tarvitsee vain olla terävä ja tehokas, ja silloin voi tehdä kaiken mikä on tarpeen aamuyhdeksän ja iltakuuden välillä, ja silti voi mennä kotiin ja elää perhe-elämää. Miehet, jotka ovat muuttaneet tieteen machoelämäksi, jota eletään 18 tuntia päivässä, ovat päätyneet siihen siksi, etteivät ole olleet kyllin teräviä selvittääkseen vähemmällä.”



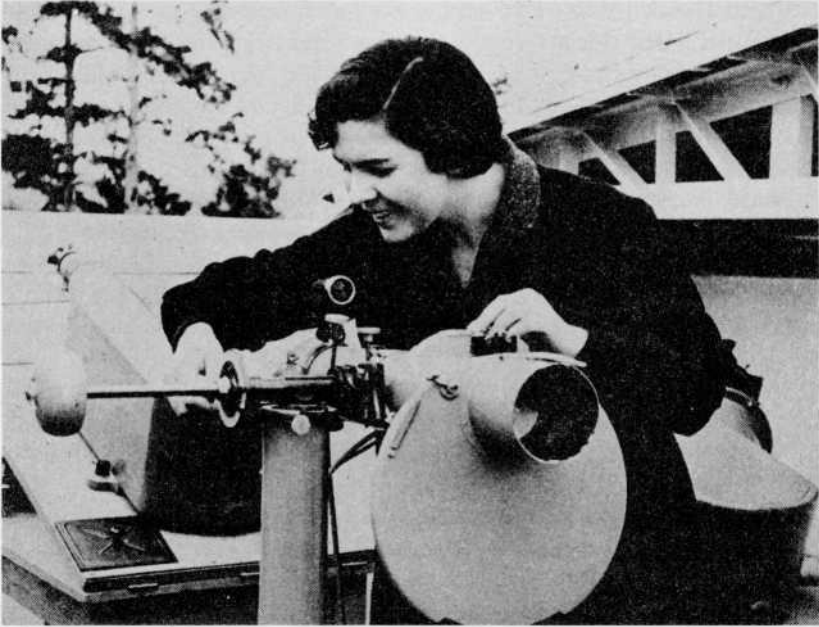
Tiedenaisten osuus luonnontieteen tekijöistä kasvaa hitaasti. Silti naiset suorittavat yhä etupäässä avustavia tehtäviä. Kuvassa neuvostoliittolaisia naisia kansainvälisen geodeettisen vuoden 1957 tuloksia käsittelemässä.

Vivian Gornick kertoo ryhtyneensä keräämään haastatteluaineistoaan selvittääkseen miten naisia syrjitään tiedeyhteisössä. Todellisuus on monisärmaisempi: ”Ammatissa, jota oikeutetusti pidetään voimakkaana, autoritaarisena ja voittopuolisesti miehisenä, odotin löytäväni vain vähän naisia, oletin että heidän asemansa olisi tasaisen alistettu, heidän persoonallisuutensa väritön, heidän ajattelunsa turvallisen vanhoillista. Nämä odotukset eivät kantaneet hedelmää. Olen liikuttunut syvästi pikemminkin naisluonnontieteilijöiden neuvokkuudesta kuin heidän nujerretusta asemastaan ja hämmästynyt heidän luonteidensa moninaisuutta, heidän kokemuksiaan ja toimintaansa. Havaitsin, miten kiihkeää tieteellinen tutkimus on luonteeltaan, miten paljon tutkijat muistuttavat taiteilijoita ja että sadat naiset, joilla oli tiedonhakuinen henki ja pakottava nälkä etsiä, olivat palkattuina vähäpätöisiin, usein nöyryyttäviin toimiin kaksi-kolmekymmentäkin vuotta vain saadakseen tutkia. Heitä ei voinut sulkea pois inhimillisen etsinnän valtavirrasta, ja koska heitä ei voitu sulkea pois, he olivat luoneet historiansa, jättäneet perintönsä, saaneet aikaan jotain lähtemätöntä.”

Jotkut tutkijat ovat yrittäneet itsepäisesti etsiä selitystä naisen asemaan luonnontieteissä sukupuolten synnynnäisistä eroista. Tutkimukset eivät ole vahvistaneet näiden olemassaoloa huolimatta varsin tarmokkaista yrityksistä. Matemaattista ja käsitteellistä lahjakkuutta on yritetty paikallistaa milloin mihinkin: sukupuolikromosomeihin, sukupuolihormoneihin tai aivojen jomman kumman puoliskon väitettyyn voimakkaampaan kehittymiseen pojilla murrosiässä. Tutkijoiden erityisessä suosiossa on ollut kyky hahmottaa visuaalisesti kolmiulotteisia rakenteita. Tämän lahjakkuuden on havaittu esiintyvän hieman useammin pojilla kuin tytöillä. On kuitenkin kysytty, miten erot tyttöjen ja poikien kasvatuksessa vaikuttavat tämän hahmottamiskyvyn kehittymiseen. Poikia suorastaan rohkaistaan tutustumaan kolmiulotteiseen maailmaan ympärillään. Taito, jota harjoitetaan, näkyy myös testeissä parempana suorituskykynä.

Monet ympäristötekijät vaikuttavat poikien ja tyttöjen välisiin suorituseroihin luonnontieteessä ja matematiikassa. On havaittu, etteivät koululaiset itse pidä matematiikkaa sopivampana pojille ennen kuin murrosiässä, jolloin pojat ryhmänä omaksuvat matematiikan omaksi alakseen ja antavat tyttöjen ymmärtää matematiikan harjoittamisen olevan ”epänaisellista”. Lahjakkaista tytöistä ja pojista tehdyn selvityksen mukaan poikien kiinnostus tieteeseen oli havaittu varhain, siitä oli keskusteltu ja lahjakkaille pojille oli hankittu kirjallisuutta sekä välineitä. Poikien vanhemmat olivat usein keskustelleet näiden kanssa mahdollisesta uravalinnasta. Sen sijaan tyttöjen kiinnostusta luonnontieteeseen ja matematiikkaan ei ollut yleensä havaittu eikä sitä ollut rohkaistu samalla lailla kuin poikien.

Kouluopetusta tutkineet ovat havainneet monia tekijöitä, jotka estävät tyttöjä valitsemasta luonnontieteellisiä aloja. Näiden alojen opettajat kiinnit-



Monet tiedenaiset tekevät työtään rakkaudesta tieteeseen.

tävät enemmän huomiota poikiin tunneilla. Sen lisäksi harjoitustöissä poikien on havaittu ”vakaavan” laitteet, niin että tyttöjen on vaikea päästä niihin käsiksi. Koulukirjojen kuvituskin yleensä vahvistaa jakoa tyttöjen ja poikien aloihin. Oman lukunsa muodostavat opettajat, jotka avoimesti epäilevät tyttöjen kykyä suoriutua ja naljailevat asiasta ääneen. Valitettavasti tällainen suhtautuminen ei ole mitenkään harvinaista.

Vaikuttaa siltä, että tyttöihin saattaa iskostua ns. matemaattinen ahdistus, joka ilmenee matematiikan välttämisenä ja pelkona matemaattisia tehtäviä kohtaan. Sheila Tobias on Yhdysvalloissa tutkinut kyseistä ilmiötä ja perustanut järjestön jonka tavoitteena on poistaa näitä nimenomaan naisissa ahdistusta synnyttäviä asenteita opetuksesta. Naismatemaatikoita käsitelleessä tutkimuksessaan Edith ja Abraham Luchins saivat selville, että naismatemaatikot olivat saaneet kuulla opettajiltaan ja ohjaajiltaan kolme kertaa enemmän vähätteleviä kommentteja kuin miehet. Nämä naiset olivat miehiä epävarmempia itsestään, kyvyistään ja suorituksistaan.

Nämä luonnontieteilijänaisten vaikeudet koulutuksessa ja työmarkkinoilla ovat saaneet huomiota osakseen lähinnä niissä maissa, joissa on pulaa tieteellisestä työvoimasta. Englannissa järjestettiin 1984 teemavuosi WISE (Women into Science and Engineering, Naiset tieteessä ja tekniikassa). Sen päätyttyä punnitut kokemukset olivat varsin ristiriitaisia. Havaittiin, että

naisten tieteellinen urakehitys nähtiin riippuvaisena kansallisista tarpeista ja teollisuuden suhdanteista. Kun tarvittiin lisää työvoimaa, paine naisten kouluttamiseksi kasvoi. Mikä takaisi sen, ettei tilanteen muuttuminen toisi näitä samoja ”tasa-arvoisia” naisia ensimmäisten joukossa työttömyystilastoihin?

Luonnontieteilijänaisena olemiseen sisältyy paljon enemmän kuin pelkkää tutkimusta tai yksityiselämän ja urakehityksen muodostaman yhtälön ratkaisurytyksiä yhteiskunnan ja talouselämän asettamien alkuehtojen puitteissa. Evelyn Fox Keller kirjoittaa: ”Perustavanlaatuinen ristiriita joka vallitsi niiden käsitysten välillä, jotka minulla oli itsestäni naisena ja tutkijana, ratkesi vasta kun kykenin hylkäämään kaikki kaavamaiset määritelmät itsestäni ja menestyksestä. Siihen meni aikaa, se vaati itsetutkiskelua, ja tarvitsin siihen naisliikkeen tukea. Se merkitsi niin turvallisen minuuden luomista, että kykenin sen varassa vapautumaan kaikista nimilapuista — myös omistani. Jännitys ’naisen’ ja ’tutkijan’ välillä ei enää ole minulle niinkään sisäisen taistelun lähde kuin minua syvästi askarruttava asia.”

LUNA: valaistusta suomalaisen luonnontieteilijänaisen tilanteeseen

Keväällä 1982 opetusministeriön asettama työryhmä julkisti mietintönsä *Naisten tutkijanuran ongelmat ja esteet*. Tämä herätti monet luonnontieteilijät ajattelemaan tilannetta omalta osaltaan. Eva Isakssonin ja Anja Jämsenin 1982 tekemässä LUNA-kyselyssä, johon vastasi 183 luonnontieteilijänaisista, ilmeni että yli puolet vastaajista ja melkein kolme neljäsosaa vastanneista tutkijoista oli viime aikoina keskustellut naisen asemasta luonnontieteissä. 73 % oli sitä mieltä, että tällainen keskustelu oli tarpeen. Eräs nainen kertoi ensin pitäneensä kyselyä tarpeettomana. Luettuana edellä mainitusta mietinnöstä sanomalehdestä hän oli tullut toisiin ajatuksiin.

LUNA:n alkuvaikeutena oli käsitteen ”luonnontieteilijänainen” määrittely. Yhteiskuntatieteilijöiden suorittamissa tutkimuksissahan etsitään varmaa, vertailevaa tieteellistä tietoa jostain selkeästi rajatusta ihmisryhmästä. Kuka oikeastaan on luonnontieteilijä? Mitkä tieteenalat ovat luonnontieteitä ja mitkä eivät? Ovatko pelkästään tutkijat aitoja luonnontieteilijöitä vaiko myös yliopistojen opetustyötä tutkimuksen ohella tekevä henkilökunta, vai kaikki luonnontieteitä ammattiaan varten opiskelleet? Miten löydettäisiin ne naiset, jotka eivät olleet lainkaan onnistuneet löytämään itselleen ammattiaan vastaavaa työtä ja joiden tilanne olisi merkittävästi täydentänyt LUNA:n luonnosmaista kuvaa suomalaisesta luonnontieteilijänaisesta?

LUNA:n avulla haluttiin kuunnella alan naisten omia ääniä, ei punnita heidän lukumääriään tai mitata heidän urakehitystään tarkalla mittanauhalla. Siksi tässä esitetyt luvut ja tiedot kuvaavat vain tutkittua naisryhmää, eivät kaikkia luonnontieteellisen alan naisia.

Vanhin vastaajista oli 77-vuotias, nuorin ilmoitti olevansa 18-vuotias ”nuori feministi”. Keski-ikä oli 35. Puolet naisista työskenteli yliopistossa, korkeakoulussa tai Suomen Akatemian tutkijana. Heidän joukossaan oli kahdeksan professoria tai apulaisprofessoria, näistä vain yksi eksakteissa luonnontieteissä (matematiikassa). Neljännes vastaajista oli opettajia, viidenneks opiskelijoita ja noin joka kahdeksas teki pelkkää tutkimustyötä. Joukkoon oli eksynyt myös toimistoinsinööri ja muutama muu käytännön ammatin valinnut. Kolme neljäsosaa oli suorittanut vähintään ylemmän korkeakoulututkinnon, 23 % oli väitellyt tohtoriksi. Vastaajat jakautuivat seuraavasti eri tieteenaloille:

matematiikka	22 %
atk	4 %
fysiikka	37 %
kemia	17 %
biologia	8 %
lääketiede, farmasia	15 %
muut	7 %

Lapsia oli ehtinyt synnyttää 40 % naisista. Esikoinen oli syntynyt äidin ollessa noin 28—29-vuotias, täysin riippumatta vastaajan alasta tai oppiarvosta. Tohtorintutkinnon suorittaneet olivat synnyttäneet lapsia samassa tahdissa kuin muutkin. Yllättävää kyllä, kyselyyn vastanneilla yliopiston opettajilla oli hieman runsaammin lapsia kuin esimerkiksi peruskoulunopettajilla.

Miten luonnontieteilijänaiset olivat valinneet alansa? Eräs fysiikan opiskelija sanoi: ”Luonnontieteet ja tekniset tieteet ovat perinteisesti ’miehisiä’ ammatteja. Siksi päätin nuorena tulla luonnontieteilijäksi.” Luonnontieteellinen kiinnostus heräsi noin 15-vuotiaana. Useimmille kotiympäristön vaikutus kiinnostukseen oli satunnaista. Päätökseen opintoalan valinnasta useimmat ilmoittivat vahvimaksi vaikuttimeksi juuri kiinnostuksen. Myös luonnontieteellisen kirjallisuuden lukeminen sekä isän, opettajien, ”sukulaiskemistin” yms. vaikutus mainittiin. Monet opettajista korostivat halunneensa valmistua varmaan ammattiin nopeasti. Heiltä kiinnostus opiskeltavaan tieteeseen keräsi vähemmän ääniä kuin muilta. Tosin eräs opettaja oli 10 työvuoden jälkeen aloittanut opintonsa uudelleen ja tekee nyt tutkimustyötä.

Taistelu oman paikan löytämisestä tieteessä ja perhe-elämässä osoittautui kuluttavaksi. Nuorimmat vastaajat jaksoivat vielä innostua tutkimuksesta ja suunnitella tulevaisuutta, mutta vanhemmilla vastaajilla olivat jalat hyvin tiukasti maan pinnalla. He korostivat urakehitystään ja palkkaustaan, mutta vaikenivat tieteellisistä tavoitteistaan. Ehkä kyselylomaketta täytettäessä on vaikea raottaa verhoja haaveiden edestä. Toivottavasti kyse oli tästä, sillä

Matematiikkaa ja luonnontieteitä pidetään pojille sopivina harrastuksina. Tytöt saavat suhteellisesti vähemmän välineitä ja rohkaisua luonnon tutkimiseen. (Sally & Richard Greenhill)



olisi liian masentavaa, jos luonnontieteilijänaisen maailma rakentuisi pelkästään perheen ja uralla etenemisen varaan.

Yli puolet vastaajista oli kyselyhetkellä perheellisiä. Kuten opetusministeriön asettaman toimikunnan teettämästä selvityksestäkin jo oli ilmennyt, oli puolison asenne ratkaiseva perheellisen tutkijanaisten uralle. Naiset, jotka olivat saaneet mieheltään tukea, eivät voineet kyllin kiittää tätä: ”Mieheni antama henkinen tuki on tärkeä, samoin on hyvä että voin keskustella alastani hänen kanssaan.” ”Tarvitsin aviopuolisoni tukea suorittaakseni FK-tutkinnon.” ”Aviomieheni on opiskeluajoista lähtien tuuppinut eteenpäin.” ”Mieheni avartaa näkemyksiäni työstä ja sen merkityksestä.” ”Ilman puolisoani olisin varmasti lopettanut opintoni LuK-tutkintoon.” ”Nyt lähellä on ihminen, jonka kanssa voi keskustella suunnitelmista, ongelmista jne. ja joka suhtautuu kannustavasti.”

Moni nainen kuvailee yksinelämiseen liittyviä tyhjyyden ja tarkoituksettomuuden tunteja: ”Seurustelu kannusti minua opiskeluun, mutta sen lopettaminen aiheutti vaikeuksia.” ”Asuin yksin noin kaksi vuotta, jona aikana opintoihin ja osaamiseen liittyvä kykenemättömyyden tunne vaivasi usein... Nykyinen elämäntilanteeni (asun avoliitossa) antaa mahdollisuuden tehdä työtä täysipainoisesti. Puolisoni kannustaa minua ja osaa antaa arvoa tekemisilleni.” Nämä kuvaukset viittaavat siihen, että monille koti on ainoa paikka missä heitä kannustetaan. Työyhteisön tuki jää tämän rinnalla täysin olemattomaksi.

Joidenkin vastaajien aviomiehet ja poikaystävät suhtautuivat nyreästi luonnontieteilijänaiseensa. Joskus tuen puute oli ollut hienovaraisempaa. Eräs nainen ei ollut käyttänyt saamaansa matka-apurahaa, koska mies asettui poikkiteloin. Muista perheenjäsenistä lähinnä äidit olivat väheksyneet tytärtensä alanvalintaa näiden omasta mielestä. Eräs isä ei ollut pitänyt sopivana, että tytär ryhtyisi nimenomaan matematiikan ja luonnontieteiden opettajaksi, muut alat kyllä olisivat kelvanneet.

Koska LUNA tavoitti lähinnä koulutukseensa liittyvää ansiotyötä tekeviä naisia, on luonnollista, että vastaajat tekivät pääasiassa kohtuullisen hyvin palkattua kokopäivätyötä. Usein tämä työ oli luonteeltaan epävarmaa, sillä yli puolet työssäkäyvistä oli määräaikaaisessa tai tilapäisessä työsuhteessa. Työn jatkumisen epävarmuus aiheutti monille huolta. Silti 85 % vastaajista ilmoitti olevansa työhönsä ja 76 % palkkaansa tyytyväinen. Nykyinen työsuhte oli saatu yleensä 30-vuotiaana. Ensimmäinen työsuhte alkoi yleensä jo ennen valmistumista (63 %) tai hyvin pian sen jälkeen (31 %). Yli kolmasosa niistä, jotka eivät olleet vakinaisessa työsuhteessa, ilmoitti aikovansa hakea vaativampaa työtä nykyisen työsuhteen päättyessä.

Noin puolet vastaajista oli ollut tekemisissä syrjintätapausten kanssa. Näistä 44 % oli itse kokenut syrjintää. Syrjintä oli luonteeltaan urakeskeistä, sillä kukaan ei esimerkiksi sanonut tutkimustyönsä kärsineen esimiehen julkistettua alaistensa tutkimustuloksia omalla nimellään. Useimmiten oli ollut kyse työn- ja viranhausta, työtehtävien jaosta, nimityksistä ja palkkauksesta. Eräs professori kertoi seuraavan tapauksen: ”Olin suurehkon projektin ainoa naispuolinen jäsen. Tietämättäni osa informaatiokokouksista pidettiin saunakokouksina, joihin en tietenkään voinut osallistua. Projektin tietokoneajojen standardeja muutettiin näissä kokouksissa kertomatta minulle. Tietämättäni jouduin tekemään viikkojen mittaisia ylimääräisiä töitä, ennen kuin virheet selvisivät.”

Jotkut naisista suhtautuivat työhönsä ristiriitaisin tuntein. ”Lapset kaipaavat äitiä, kun tämä vain istuu tietokoneen tai mittauslaitteen vieressä.” Eräs matemaatikko totesi: ”Jos olet töissä, on huono omatunto, ja jos olet kotona, on huono omatunto, ettet ole töissä. Ei voi koskaan viettää lomaa, ei ole koskaan työnsä tehneen tuntuinen.”

Eräs vanhemman sukupolven fyysikko kuulosti aidosti traagiselta kuvaillessaan, miksi tutkijanura jäi hänen kohdallaan pelkäksi haaveeksi: ”Tuli sodat, avioliitto ja lapset.” Fysiikan opiskelija puolestaan tilitti: ”En jaksa enkä halua, enkä edes osakaan tehdä lopun ikääni työtä, jossa joudun henkisesti koko ajan hipomaan rima.”

Vastanneiden naisten luettelo tutkijanuran esteistä kasvoi varsin pitkäksi. Noin puolet arveli perheen perustamisen aiheuttavan vaikeuksia. Silti he olivat valmiit ottamaan tämän taakan kannettavakseen. Eräs kasvitieteen professori valitti: ”Lahjakas naisbiologi luopuu tutkijanurastaan, menee opettajaksi ja elättää perheen. Hän hoitaa talouden ja mies saa tutkia. Tämä turhauttaa naisprofessorinkin opettajana.”

Vastaajat eivät suinkaan olleet mitään naisasian esitaistelijoita. Sen sijaan heidän asenteistaan heijastui hyvin syvään juurtunut käsitys sukupuolten välisestä tasa-arvosta. He puhuivat ”sukupuolettomasta, luontevasta kontaktista”, ”toverillisuudesta ja tasavertaisuudesta”, ”täydellisen tasa-arvoisesti suhtautuvista miehistä (joita tapaa harvoin)” sekä ”tasa-arvoisesta, erottelemattomasta suhtautumisesta”. He halusivat olla näkymättömiä naisina, tulla hyväksytyiksi tasa-arvoisin ehdoin miesvaltaisessa yhteisössä. Eräs fysiikan opiskelija totesi tuntevansa olonsa tasa-arvoisemmaksi miesten kuin naisten parissa. Monet vastaajista olivat tilanteessa, jossa he olivat ainoita naisia kymmenien miesten joukossa.

Kysyttäessä naisena olemisen etuja ja haittoja korostuivat tyypillisesti naiselliset ”hyveet”: tunnollisuus, pitkäjänniteisyys, tarkkuus, täsmällisyys, kärsivällisyys, ahkeruus sekä ”liiallisen kilpailutaipumuksen puuttuminen”. Jotkut naiset olivat ilmeisesti hyväksyneet mukisematta heihin asetetut vakiintuneet odotukset. Etuihin laskettiin joissakin tapauksissa jopa miesten osoittama kohteliaisuus, huomaavaisuus ja herrasmiesmäisyys.

Eräät naiset, jotka eivät halunneet myöntyä perinteisten rooliodotusten rajoihin, korostivat kovaa puurtamista ja sinnikästä työn puskemista keinona päästä eteenpäin. ”Tästä asiasta ei ole enää syytä keskustella, naisten on vain tehtävä työtä ja mentävä mukaan.” Jotkut paheksuivat avoimesti arkoja ja itseluottamuksen puutetta potevia naisia. ”Työssäni joudun tekemisiin naisopiskelijoiden kanssa, jotka heti sisääntullessaan pyytävät olemuksellaan anteeksi, että ovat olemassa. Siinäpä saakin pitää monta puhuttelua, että he oppisivat luottamaan itseensä enemmän. Sitä minä ihmettelen, että tällaiset henkilöt vielä ihmettelevät, miksi heitä ei oteta vakavasti tai suhtautuminen on vähättelevää.” Apulaisprofessori kertoo naisopiskelijan kysyvän ”osaanko minä?” hänen ehdottaessaan tälle jotain tehtävää, kun taas miesopiskelija epäilee harvoin kykyjään.

Eräs varttuneempi kemisti muisteli entisaikoina vallinneita asenteita. Professorit olivat esittäneet avoimesti mielipiteitä, joiden mukaan naisten hyväksymistä opiskelijoiksi tulisi rajoittaa, koska he kuitenkin menevät naimi-

siin, jolloin kallis koulutus menee hukkaan. ”A. I. Virtanen katsoi, että onhan se hyvä, että naiset vähän opiskelevatkin, että heillä on jotain tietoa siitä, mitä mies tekee, mutta eihän naisten pitäisi ottaa biokemian laudaturia.”

Jotkut naisista näkivät naisena olemisessa odottamattomia etujakin. Mate-maatikko kertoi: ”Usein haittapuolena koetut äitiyslomat olen kokenut myönteisinä, sillä ne ovat antaneet mahdollisuuden henkiseen latautumiseen, joka on näkynyt työn tuloksissa lomien jälkeen.” Edellä mainittu kemisti arveli, että ”naisilla on yleisesti laajempi kiinnostuskohteiden valikoima, minkä vuoksi tutkimuksessa on helpompi käyttää hyväksi muidenkin alojen tietoa eikä pysyä vain kapealla erityisalalla. ... Erityisesti nyt kun luonnontieteissä olisi löydettävä laaja-alaisia kokonaisuuksia, naisten ajattelutavalla olisi tutkimuksessa suuri merkitys.” Kasvitieteen professori puolestaan sanoo yhteiskunnan olevan nykyisellään liian perhekeskinen, niin ettei elämän laatuun kuulu antoisa tutkimustyö.

Kolmissakymmenissä oleva kemisti valittaa, ettei hänen sukupolvensa naisista kasvatettu taistelijoita. Silti näiden naisten joukossa on epäilemättä myös haaveilijoita, joita vetää luonnontieteisiin halu ”ihmetellä luonnon ilmiöitä sydämen pohjasta” erään naistutkijan sanoin. Ehkä näillä haaveilijoilla on joskus edessään laajempi näköala ja antoisampi työympäristö luonnontieteilijänaisena Suomessa kuin tähän saakka. Hiven taistelijakoulutusta saattaa olla tarpeen tämän päämäärän saavuttamiseksi.

Montako enkeliä mahtuu nuppineulan päähän?

*Mary Shelley*n 1818 ilmestynyttä tieteiskuvitelmaa *Frankenstein, uusi Prometheus* on pidetty varhaisena esimerkkinä tavasta, jolla tiedemiehen mieli toimii. Seikkailunhaluinen kapteeni Walton selittää kirjassa sisarelleen haluaan tutkia tuntemattomia seutuja: ”Sielussani tapahtuu asioita, joita en voi ymmärtää.” Suuri tiedemies Victor Frankenstein, kerran luonnon salaisuuksien herraksi päästyään, näkee kunnianhimoisimpana päämääränään muuttaa kuollut aine eläväksi, luoda elävä ihmisolento.

Esimerkkejä tieteen ja miehisyyden yhteydestä ei suinkaan tarvitse etsiä vanhasta tieteiskirjallisuudesta saakka. Atomifysiikan kehityksestä puhuttaessa käytetty kieli on täynnä kuvastoa ”syvemmälle atomin ytimeen tunkeutumisesta”. Fyysikko Ernest Rutherfordista tuli tieteellisen suorituskäytönsä ansiosta atomifysiikan ”isä”, jonka laboratoriossa ”lukuisat atomit luopuvat joka viikko vastarinnastaan”, kuten Rutherford kehaisi kirjeessä Niels Bohrille.

Isällinen ylpeys kuului sanavalinnoista myös silloin, kun ensimmäisen ydinpommin onnistuneesta koeräjäytyksestä ilmoitettiin Yhdysvaltain puolustusministerille. Pommin koodinimenä oli ”pikku poika”. Siinä tapaukses-

sa, että räjäytys ei olisikaan onnistunut, sitä olisi kutsuttu ”pikku tytöksi”.

Useiden tutkijoiden painiskellessa saman ongelman parissa vain ne, jotka pääsevät päämääräänsä ensimmäisinä, saavuttavat oikeuden isyyteen ja heidän ajattelijan maineen. Kaikki muut yritykset, olivat ne miten intensiivisiä hyvänsä, unohdetaan. Frederic Joliot-Curien kokemukset keinotekoisien radioaktiivisuuden keksimisen aikoihin tammikuussa 1934 on kirjattu sattuvasti. Joliot-Curien kerrotaan juosseen ja huudelleen laboratoriossaan lapsellisen iloisena ja julistaneen assistentilleen: ”Myöhästyimme neutronin kanssa, myöhästyimme positronin kanssa. Nyt olemme ajoissa.”

Joidenkin tutkijoiden mielestä keskustelu luonnontieteilijänaisten asemasta ja lukumäärästä ei riitä, vaan on keskusteltava siitä, onko tiede objektiivista ja täyttääkö se nykyisellään ihmisen tarpeet. Ne, jotka vastaavat näihin kysymyksiin kieltävästi, arvelevat, etteivät tytöt ja naiset ryhdy luonnontieteilijöiksi yksinkertaisesti siksi, että luonnontiede on ristiriidassa heidän arvostustensa ja kokemusmaailmansa kanssa.

Jos tieteessä on jotain vinossa, niin mitä se mahtaisi olla? Runoelmassaan *Woman and Nature* (Nainen ja luonto, 1978) Susan Griffin esittää länsimaisen tieteellisen ajattelun historian kaksijakoisessa valossa, miehen historiana ja naisen sekä luonnon olemisena. Kirjailija panee näkymättömän ajattelijan suuhun ”objektiivisia” ilmaisuja. Kirjassa ”sanotaan”, ”todetaan”, ”arvellaan”. Griffin kirjoittaa keskiaikaisen teologian käsittelemistä enkeleistä nuppineulan päässä näitä ilmaisuja käyttäen:

”Nyt kiistellään ja sitten tehdään selväksi ettei enkeleillä ole ruumista vaan että ne ainostaan voivat omaksua sen. Etteivät ne ole olemassa missään avaruuden pisteessä vaan ovat läsnä ja toimivat kyseisessä pisteessä. Ja tästä jotkut pääättelevät että enkelit ovat ohuita. Ja ihmetellään, kuinka ohuita enkelit ovat (ja kuinka monta niitä mahtuu kerrallaan seisomaan nuppineulan päähän).”

Tieteen menetelmiä arvostelevat naiset katsovat tieteen jakaneen maailman kahtia ”objektiiviseen” tarkkailijaan ja tarkkailtavaan kohteeseen. Fyysikko saattaa vaikkapa tarkastella suljettua systeemiä, jonka tilan alku- tai reunaehdot tunnetaan. Sen tila muuttuu kun siihen kohdistetaan jokin ulkoinen voima. Fyysikon tehtävänä on kuvailla tätä muutosta fysikaalisten lakien avulla. Tällä tavoin tehtäväksi tulee tilanteen valvominen siten, että sen käyttäytymistä voidaan ennustaa. Teoriaa kutsutaan ”oikeaksi”, jos sen antamat ennusteet toteutuvat. Mutta tämä merkitsee sitä että koekappaleen tilaa tulee voida muuttaa kontrolloidusti. Toisin sanoen totuus tulee riippuvaiseksi kyvystämme kontrolloida tapahtumia. Mikäli ilmiöt sen sijaan ovatkin kontrolloimattomia ja ennakoimattomia, ei meillä ole minkäänlaista teoriaa, ja olemme saaneet aikaan vähän tai emme mitään.

Tarkastelkaamme esimerkiksi vesipisaraa. Sitä voidaan klassisessa mielessä pitää eristettynä systeeminä. Pienen tipan sisällä vallitsee kaaos. Perinteisin fysikaalisin termein sanottuna vesipisaran tila on kuvailtavissa

epälineaarisiin differentiaaliyhtälöihin, joita ei voida ratkaista tarkasti, eikä meillä myöskään ole määrättyä, hyvin käyttäytyvää alkutilaa, jonka ”tuntisimme” tehdessämme koetta. Voimme tehdä approksimaatioita, jotka auttavat meitä laatimaan yksinkertaistetun mallin. Yleisesti hyväksytty menettelytapa on saada pisara käyttäytymään kontrolloidusti. Sitä tehdessämme puutumme laitteinemme vesipisaran tilaan.

Yksinkertaistettua teoriaamme ja tunkeilevaa metodologiaamme ajatellen voimme vain ihmetellä, olemmeko päätyneet teoriaan vesipisarasta sellaisena kuin se ”todella” on vai olemmeko pelkästään laatineet reseptin vuorovaikutukselle tai kontrollille yhdessä erikoistapauksessa. Tutkija, joka tekee kokeita vesipisaralla tai millä tahansa samankaltaisella kaoottisella systeemillä, tuntee vastustamatonta houkutusta saatua se kontrollin alaiseksi. Sillä niinhän fysiikkaa on harjoitettu aina Newtonin ajoista alkaen. J. D. Bernalin sanoin: ”Muutat kappaleita sanan kirjaimellisessa merkityksessä pakottaessasi ne näyttämään, miten ne käyttäytyvät erilaisissa olosuhteissa, ja sitten tämän perusteella löydät niiden oleellisen luonteen.”

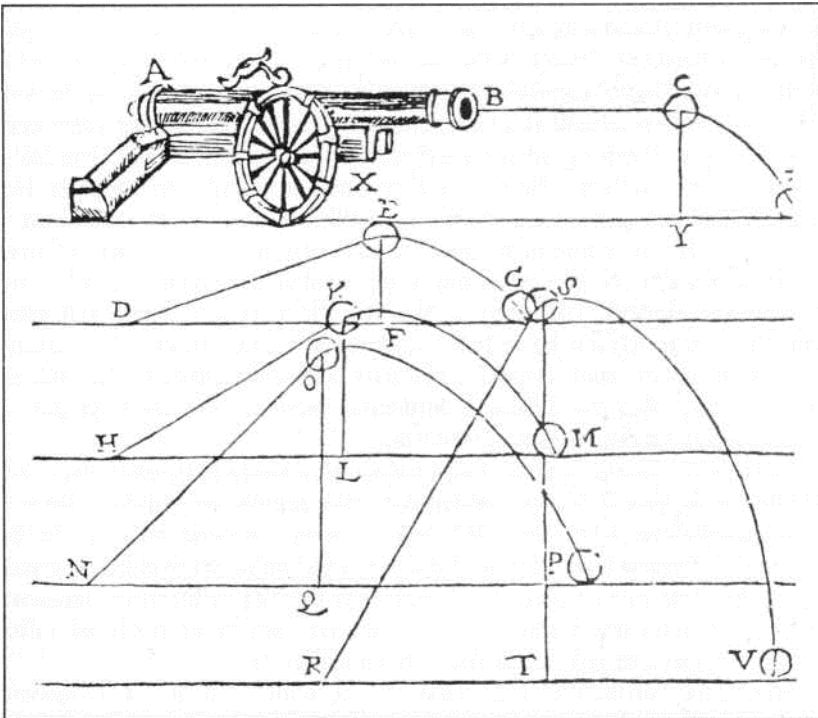


Tykillä ampumisen taidetta W. Ruffin 1547 painetusta kirjasta. Ampuma-aseet yleistyivät Euroopassa keskiajan lopulta alkaen.

Osa tieteenfilosofeista uskoo edelleen tiukasti tieteeseen, joka on vapaa ihmisen henkilökohtaisista mietteistä ja arvostuksista. Sen sijaan etenkin moni naisajatteliija katsoo, että juuri tämä tieteen objektiivisuus liittyy tieteenharjoittajien etääntymiseen luonnosta ja naisista sukupuolena. Objektiivisuus muuttuu etääntymiseksi ja eristäytymiseksi. Eräs naistutkija sanoi kimpaannuttuaan väitteeseen, että naiset muka aina korostaisivat liikaa yksityisyyttä: ”Sanonpa, että miehet pakenevat aina yleistyksien turviin. Jos heidän tunteitaan loukataan, he laativat kostoksi Boylen lain!”

Evelyn Fox Kellerin mielestä tiede ja tieteelliset menetelmät ovat toki arvokkaita sinänsä. Yksilöitä vetää tieteen pariin luotettavan, yhteisen tiedon etsiminen meitä ympäröivästä maailmasta. Tiede ei myöskään siedä loputtomiin vääristelyjä ja yksipuolisia lähtökohtia. Asioiden todellinen luonne tulee ajan mittaan esiin, luonnon monimutkaisuus paljastuu, kuolleeksi luultu aine osoittautuu eläväksi kokonaisuudeksi.

Tieteellisen totuuden löytäminen saattaa muistuttaa enemmän kartoitusta ilman maaston myllertämistä kuin kilpajuoksua tietä pitkin, päämääränä



Tykinkuulan lentoradat askarruttivat 1600-luvulla tiedemiesten mieliä. Cespedesin kirjasta *"Instrumentos Nuevos de Geometria"* (Geometrian uudet välineet, 1606).

valloittaa ja saapua ensin perille. Tämä prosessi saattaa olla hidas ja vaatia oman ajatus- ja tutkiskeluaikinsa. Ei ole helppoa määritellä tämän vaihtoehtoisen tutkimusmenetelmän vaatimia käytännöllisiä askelia — osallistumista kaaoksen järjestämiseen näkemyksen silmin, ilman jäykkiä reunaheitoja ja vähin rajoituksin, luonnollisesta monimuotoisuudesta esiin nousevia kuvioita korostaen. Tämä lähestymistapa ei välttämättä edellytä jättimäisiä laitteita, sillä sen tarkoituksena ei ole kehittää ja pitää yllä niitä valvontamekanismeja, jotka kytkevät tieteellisen tutkimuksen tieteen kuolettavaan ja tuhoisaan käyttöön.

Sally Hacker on tutkinut miespuolisten insinööriopiskelijoiden asenteita ja kokemuksia. ”Luonnon kova puoli on minun ammattini”, totesi eräs. Yleensä tekniikkaa opiskelevat nuorukaiset olivat kasvaneet erossa ”pehmeistä” arvoista. He olivat usein menestyneet huonosti koulun liikuntatunneilla ja tunteneet itsensä ruumiillisesti kömpelöiksi. Matematiikan parissa he tunsivat olevansa kotonaan. Sen sijaan humanistisia aineita opiskelevat nuoret miehet olivat huomattavasti varmempia suhteessaan lähiympäristöönsä.

Tekniikkaa opiskelevat miehet suhtautuivat Hackerin mukaan melko ylenkatseellisesti yhteiskuntatieteisiin ja arvostivat teknologian tuntemusta yli kaiken. Yhteiskuntatieteitä kuvailtiin ”naisellisin” termein: ne olivat ”pehmeitä, epätarkkoja, ennakkointikyvyttömiä, muodottomia”. Hyvin harvat tunsivat itsensä puutteelliseksi siksi, että heiltä puuttui sosiaalisten suhteiden ja yhteiskunnallisten asioiden tuntemusta. Kuitenkin he tunsivat, että insinöörit olivat tavallista pätevämpiä siirtymään hallinnollisiin asemiin. He näkivät ihmisten ja teknisten sistemien hallitsemisessa hyvin vähän eroa.

Ravenna Helson puolestaan on tutkinut luovien matemaatikoiden, naisten ja miesten, välisiä eroja. Luovat miesmatemaatikot sanoivat olevansa itseensä luottavia, aloitekykyisiä, kunnianhimoisia. He tunsivat voivansa vaikuttaa ympäristöönsä. Älyään he pitivät vankkana ja tasapainoisena. Sen sijaan naismatemaatikot sanoivat olevansa tasaisia ja itseensä sulkeutuneita. Naiset painottivat sisäisen maailmansa kehittämistä enemmän kuin heitä ympäröivien asioiden tutkimista ja hallitsemista.

Onko siis olemassa jokin erityinen naisten tapa kokea ja ajatella? Vai onko kulttuurimme vain kehittynyt sellaiseksi, että naiselle on tarjolla erilainen kokemusmaailma kuin miehelle? Jotkut naiset katsoivat naisten olevan lähempänä luontoa kuin miesten. Heidän mielestään naiset ovat luonnostaan hyviä, kun taas miehet pyrkivät olemuksensa pakosta hallitsemaan luontoa. Tämän katsantokannan suurin vika on se, että sen mukaan tilanne tulisi luonnonvoimaisesti jatkumaan ikuisesti samanlaisena.

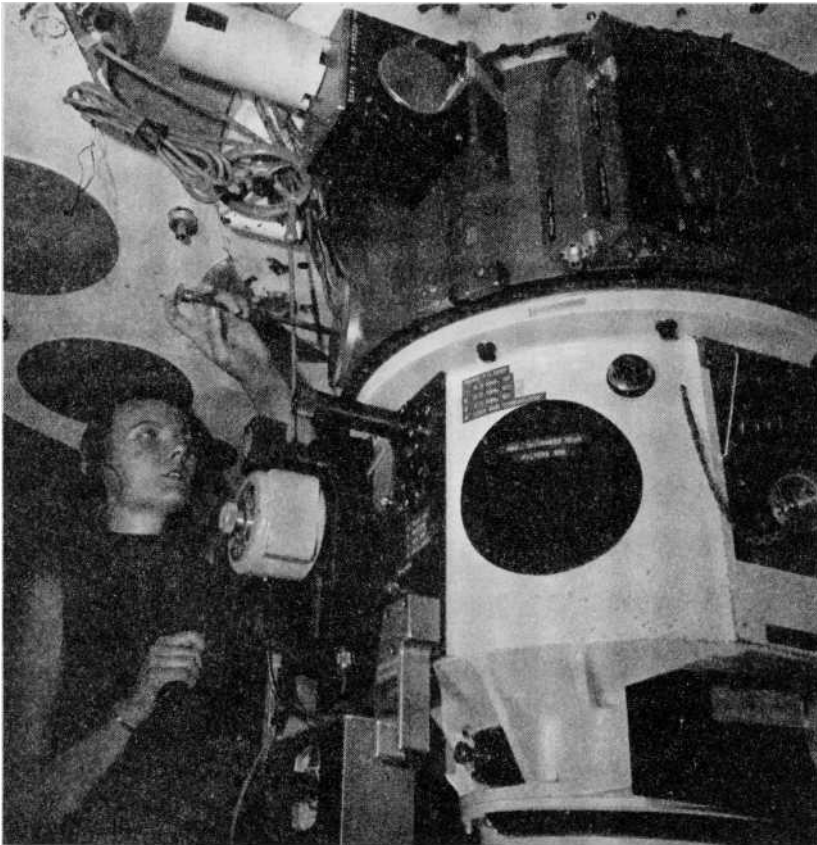
Silmiinpistävän moni ekologian kehittäjästä on ollut nainen. *Ellen Swallow Richards* perusti ekologian tieteenä viime vuosisadan lopussa. Ruotsalainen kirjailija *Elin Wägner* julkaisi 1939 teoksensa *Väckarklockan* (Herätyskello), jossa hän varoitti luonnon tuhoamisesta myrkyllisillä aineilla. Wägner kehot-



Kotiplaneettamme taloudenpidossa on parantamisen varaa. Onko ihmisen käsistä riistäytyvä tiede ja teknologia palvellut liian pienen ihmisryhmän arvostuksia? Tieteen oikea osa maailman muuttamisessa on aikamme tärkeitä kysymyksiä. (Kuva Ford Aerospace & Communications)

ti naisia osallistumaan ”maailman taloudenhoitoon”. *Rachel Carson* näki luonnon kokonaisuutena, jossa myrkyt leviävät laajalle ravintoketjujen välityksellä. Carsonin 1962 ilmestynyt *Hiljainen kevät* oli ekologisen liikkeen voimakas herätysshuuto.

Nykyajan sankarittaret ovat olleet luonnon säilyttäjiä ja puolestapuhujia. *Karen Silkwood* kuoli 1974 hämärällä tavalla auto-onnettomuudessa. Hänellä arvellaan olleen koossa tietoja turvallisuusmääräysten rikkomisesta ydinpolttoainetta valmistavassa tehtaassa, jossa hän oli töissä. *Lois Gibbs*, tavallinen kotirouva, opiskeli kotona kemiaa voidakseen selvittää, miksi aikuiset ja lapset, myös hänen omat lapsensa, sairastelivat Love Canalin asuntoalueella Niagara Fallsissa, New Yorkissa. Hän laati tutkimustensa



Tähtitieteilijä Donna Weistrop ja Kitt Peakin observatorion 84 tuuman kaukoputki. Kaukoputkeen kiinnitetyllä spektrografilla havaitaan kaukaisten galaksien punasiirtymiä. (Kuva National Optical Astronomy Observatories, Kitt Peak)

perusteella kartan, josta selvisi, että sairastavuus keskittyi entisten myrkyjätteiden hautausmaana käytetyn kanavan ympärille, joka sittemmin oli täytetty ja muutettu asuma-alueeksi. Hänen löydöksensä leimattiin aluksi ”hyödyttömiksi kotirouvan muistiinpanoiksi”. Vasta kun Gibbs ja ryhmä vapaaehtoisia tutkijoita muutti löydökset tieteen kielelle, niiden sisältämä hälyttävä tieto johti toimenpiteisiin viranomaisten taholta. *Helen Caldicott*, australialaissyntyinen lastenlääkäri, nostatti Australiassa kokonaisen maanlaajuisen menestyksekkään kansanliikkeen Ranskan Tyynenmeren ilmakehässä suorittamia ydinkokeita vastaan. Lääkärin sosiaalinen vastuu -liikkeen puheenjohtajana Caldicott on pitänyt voimakkaita herätyspuheita ydinsotaa, ”viimeistä epidemiaa”, vastaan.

Naisten ohjustukikohtien ympärille perustamat rauhanleirit ovat puolestaan osoittautuneet hämmentäviksi sotilaille ympäristössä, joka on varattu monimutkaisille, tietokoneohjatuille, teknologisesti "kehittyneille" asejärjestelmille ja niiden huoltohenkilöstölle. Naiset ovat todellakin tehneet enemmän kuin osuutensa "maailman taloudenhoitajina".

Tiede ei ole pelkästään luonnon muuttamisen työkalu, vaan loppumattoman ihmetyksen väline. Tullaksemme tutuiksi maailman kanssa meidän on osattava nähdä itsemme sen osana. Tämä ei voi onnistua, jos välineinämme ovat vain valtavat, mutkikkaat laitteet, jotka paloittelevat ja viipaloivat ympäristömme pienen pieniin osatekijöihin. Maailma on suuri, monimutkainen verkko, jota on tarkasteltava sen koko rikkaudessa.

Ekologian historian tutkija Carolyn Merchant kertoi tapaamastaan astronautista, joka oli käynyt Kuussa. Tämä mies sanoi ihmeellisimmän kokemuksensa olleen Maan näkeminen, kun se paistoi korkealla hänen päänsä päällä, sen sijaan että se olisi ollut hänen jalkojensa juuressa. Meitä ympäröivän tutun maailman kohtaaminen uusin silmin on tietämisen ja tutkimisen ydin.

Kirjallisuutta

Yleiset lähteet

- Boulding, Elise: *The Underside of history*. Boulder 1976.
- Hypatia's sisters*. Biographies of women scientists, past and present. Seattle 1976.
- Kien, Jenny & Cassidy, David: "[The history of women in science: A seminar in the University of Regensburg](#)". *Women's Studies International Forum* 7, 313—317, 1984.
- Mozans, H. J. (John Augustine Zahm): *Woman in Science*. Cambridge, Mass. 1913, 1974.
- Naturwissenschaftlerinnen: Einmischung statt Ausgrenzung*. *Feministische Studien* 1, 1985.
- Uglow, Jennifer S. (ed.): *The Macmillan dictionary of women's biography*. London 1984.

Nunnia ja noitia

- Alic, Margaret: "[Women and technology in ancient Alexandria: Maria and Hypatia](#)". *Women's Studies International Quarterly* 4, 305—312, 1981.
- Sarton, George: *Ancient science and modern civilisation*. 1954.
- Lemay, Helen: "[The stars and human sexuality: some medieval scientific views](#)." *ISIS* 71, 127—137, 1980.
- Führkötter, Adelgundis: *Hildegard von Bingen*. Salzburg 1972.
- Hildegard von Bingen: *Wisse die Wege — Scivias*. 6. Aufl., Salzburg 1975.
- Hildegard von Bingen: *Der Mensch in der Verantwortung — Liber vitae meritorum*. Salzburg 1972.
- Hildegard von Bingen: *Welt und Mensch — De operatione Dei*. Salzburg 1965.
- Hildegard von Bingen: *Lieder*. Salzburg 1969.
- Hildegard von Bingen: *Naturkunde — Physica*. 2. Aufl. Salzburg 1974.
- Hildegard von Bingen: *Heilkunde — Causae et curae*. 3. Aufl. Salzburg 1975.
- Hildegard von Bingen: *Briefwechsel*. Salzburg 1965.
- Singer, Charles: "The scientific views and visions of Saint Hildegard." Kirjassa Singer, Charles (ed.): *Studies in the history and method of science*. London 1917, 1955.
- Thorndike, Lynn: "Saint Hildegard of Bingen." Luku 40 kirjassa *A history of magic and experimental science*, osa II. New York 1923.
- Merchant, Carolyn: *The death of Nature. Women, ecology and the scientific revolution*. 1980.
- Easlea, Brian: *Witch-hunting, magic & the new philosophy. An introduction to debates of the scientific revolution 1450—1750*. Sussex 1980.

Nainen lukee yölampun valossa

- Osen, Lynn: [*Women in mathematics*](#). Cambridge, Mass. 1974.
- Perl, Teri: [*Math equals. Biographies of women mathematicians + related activities*](#). Menlo Park 1978.
- Bucciarelli, L. & Dworsky, N.: [*Sophie Germain: An essay in the history of elasticity*](#). Dordrecht 1980.
- Basalla, George: ["Mary Somerville: a neglected popularizer of science."](#) *New Scientist* 7 March 1963, 531—533.
- Patterson, Elizabeth Chambers: [*Mary Somerville and the cultivation of science 1815—40*](#). The Hague 1982.
- Stein, Dorothy: [*Ada. A life and a legacy*](#). Cambridge, Mass. 1985.
- Cooke, R.: [*The mathematics of Sonya Kovalevskaya*](#). Berlin 1985.
- Koblitz, Ann Hibner: [*A convergence of lives: Sofia Kovalevskaia, scientist, writer, revolutionary*](#). 1984.
- Kovalevskaya, S.: [*A Russian childhood*](#). Ed. By B. Stillman. Berlin 1978.
- Randver, Gunnel Weidel: [*Sonja Kovalevsky. En levnadsteckning*](#). Södertälje 1981.
- Tabor, Michael: ["Modern dynamics and classical analysis."](#) *Nature*. 26 July 1984, 277—282.

Naisnäkökulma tähtitaivaalle

- Rizzo, P. V.: ["Early daughters of Urania."](#) *Sky and Telescope* November 1954, 79—81.
- Hevelius, Jan: [*The star atlas*](#). Introduced by V. P. Shegllov. Tashkent 1968.
- Sidgwick, J. B.: [*William Herschel*](#). London 1953.
- Herschel, Carolina: [*Catalogue of stars*](#). With introduction & explanatory remarks by William Herschel. London 1798.
- Hoskin, M. & Warner, B.: ["Caroline Herschel's comet sweepers."](#) *Journal for the History of Astronomy* 12, 27—34, 1981.
- Argelander, F. W. A.: ["Einige Bemerkungen liber die von Flamsteed beobachteten, aber in den Catalogus Britannicus nicht aufgenommenen Sterne."](#) *Astronomische Nachrichten* 10, 153—182, 1833.
- Mack, Pamela E.: [*Women in astronomy in the United States 1875—1920*](#). B. A. Thesis. Cambridge, Mass. 1977.
- Donner, A. & Furuholm, R.: [*Catalogue photographique du Ciel. Tome 1, fasc. 1*](#). Exposé des méthodes employées. Helsingfors 1929.
- Furness, Caroline E.: [*Catalogue of stars within one degree of the North Pole and optical distortion of the Helsingfors astrophotographic telescope*](#). Publications of the Vassar College Observatory No. 1, 1900.
- Bracher, Catherine: "Dorothea Klumpke Roberts: A forgotten astronomer." [*Mercury*](#) September/October 1981, 139—140.
- Kidwell, Peggy Aldrich: ["Women astronomers in Britain, 1780—1930."](#) *ISIS* 75, 534—546, 1984.
- Haramundanis, Katherine (ed.): [*Cecilia Payne-Gaposchkin. An autobiography and other recollections*](#). Cambridge 1984.
- Gingerich, Owen: ["Cecilia Payne-Gaposchkin, obituary."](#) *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 23, 450, 1982.

Maaailman taloudenhoitajat

- Rossiter, Margaret: [*Women scientists in America. Struggles and strategies to 1940.*](#) Baltimore 1982.
- Hjelt, Edward: ”Tal vid terminskriptionen den 18 januari 1902.” [*Rektorns tal vid terminskriptionerna, 1900—1902.*](#) Helsingfors 1903.
- Elfving, G.: [*The history of mathematics in Finland 1828—1918.*](#) Helsinki 1981.
- Enkvist, Terje: [*The history of chemistry in Finland 1828—1918.*](#) Helsinki 1972. ”lilja”:
- ”Nainen ja Fysiikka.” [*Kissoidi*](#) (Limes ry:n äänenkannattaja) Nro. 1, 1956.
- Valtonen, Mauri & Oja, Heikki: ”Liisi Oterma.” Kirjassa [*Maapallo ja avaruus.*](#) Helsinki 1985.
- Amram, Fred: [”The innovative woman.”](#) *New Scientist* 24 May 1984, 10—12.

Atomiytimistä galakseihin

- Reid, Robert: [*Marie Curie.*](#) London 1978.
- Curie, Eve: [*Äitini Marie Curie.*](#) Suom. Reino Silvano, 6. p. Juva 1982.
- Graig, Peter: [”The light and brilliancy of Marie Curie.”](#) *New Scientist* 26 July 1984, 32—35.
- Graig, Peter: [”Frederic Joliot and France’s nuclear heritage.”](#) *New Scientist* 7 February 1985, 16—19.
- Sachs, Robert G.: [”Maria Goeppert Mayer — two-fold pioneer.”](#) *Physics Today* February 1982, 46—51.
- Haber, Louis: [*Women pioneers of science.*](#) New York 1979.
- Keller, Evelyn Fox: [*A feeling for the organism. The life and work of Barbara McClintock.*](#) San Francisco 1983.
- Klug, A.: [”Rosalind Franklin and the discovery of the structure of DNA.”](#) *Nature* 24 August 1968, 808—810, 843—844.
- Sayre, A.: [*Rosalind Franklin and DNA.*](#) New York 1980.
- Burnell, Jocelyn Bell: ”The discovery of pulsars.” Kirjassa Kellerman, K. & Sheets, B. (eds.): [*Serendipitous discoveries in radio astronomy.*](#) Green Bank 1983.
- Martin, Ben & Irvine, John: [”Women in science — the astronomical brain drain.”](#) *Women’s Studies International Forum* 5, 41—68, 1982.
- American Astronomical Society: [”Report of the committee on the status of women”.](#) *Bulletin of the AAS*, January 1980.
- Arp, H. & Fraknoi, A.: ”Margaret Burbidge.” [*Mercury*](#) September/October 1982, 154—155.
- Burbidge, E. Margaret: [”Adventure into space.”](#) *Science* 29 July 1983, 421—427.
- Faber, Sandra: [”Beatrice Tinsley, obituary.”](#) *Physics Today* September 1981, p. 110.
- Larson, Richard B. & Stryker, Linda L.: [”Beatrice Muriel Hill Tinsley, obituary.”](#) *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 23, 162—165, 1982.

Hypatian tyttäret tänään

- Keller, Evelyn Fox: ”The anomaly of a woman in physics.” Kirjassa Ruddick, Sara & Daniels, Pamela (eds.): [*Working it out.*](#) New York 1977.
- Kistiakowsky, Vera: [”Women in physics: unnecessary, injurious and out of place?”](#) *Physics Today* February 1980, 32—40.
- Kosheleva, Inna: [*Women in science.*](#) Moscow 1983.

- Gornick, Vivian: [*Women in science. Portraits from a world in transition.*](#) New York 1983.
- Couture-Cherki, Monique: "Women in physics." Kirjassa Rose, Hilary & Rose, Steven: [*The radicalisation of science. Ideology of/in the natural sciences.*](#) London 1976.
- Ferry, Georgina: ["How women figure in science."](#) *New Scientist* 1 April 1982, 10—13.
- Ferry, Georgina & Moore, Jane: ["True confessions of women in science."](#) *New Scientist* 1 July 1982, 27—30.
- Cole, Jonathan R.: [*Fair science. Women in the scientific community.*](#) New York 1979.
- Kelly, Alison: ["Why girls don't do science."](#) *New Scientist* 20 May 1982, 497—500. Kelly, Alison (ed.): [*The missing half. Girls and science education.*](#) Manchester 1981. Fox, Lynn H. & Brody, Linda & Tobin, Dianne (eds.): [*Women and the mathematical mystique.*](#) Baltimore 1980.
- Tobias, Sheila: [*Overcoming math anxiety.*](#) Boston 1978.
- Ferry, Georgina: ["Was WISE worthwhile?"](#) *New Scientist* 3 January 1985, 28—31.
- ["Naisten tutkijanuran ongelmat ja esteet."](#) Komiteanmietintö 1982:33. Helsinki 1982.
- Shelley, Mary: [*Frankenstein. Uusi Prometheus.*](#) Suom. Paavo Lehtonen. Jyväskylä 1973.
- Easlea, Brian: [*Fathering the unthinkable. Masculinity, scientists and the nuclear arms race.*](#) London 1983.
- Isaksson, Eva: "Naisnäkökulma luonnontieteen ja sodan avioliittoon." ["Tiede & Edistys 4/1985."](#)
- Isaksson, Eva: "Naiset, noidat ja luonnontiede." ["Noidannuolia."](#) Tutkijanaisten aikakirja. Helsinki 1985.
- Griffin, Susan: [*Woman and Nature. The roaring inside her.*](#) New York 1978.
- Hacker, Sally L.: ["The culture of engineering: woman, workplace and machine."](#) *Women's Studies International Quarterly* 4, 341—353, 1981.
- Fausto-Sterling, Anne: ["Women and science."](#) *Women's Studies International Quarterly* 4, 41—50, 1981.
- Keller, Evelyn Fox: [*Reflections on gender and science.*](#) New Haven 1985.
- Rose, Hilary: ["Hand, brain and heart: a feminist epistemology for the natural sciences."](#) *Signs* 9, 73—90, 1983.
- Rotschild, Joan (ed.): [*Machina ex dea. Feminist perspectives on technology.*](#) New York 1983.
- Vines, Gail: ["Science is big enough for the both of us."](#) *New Scientist* 19 September 1985, 55—56.
- Hynes, Patricia: ["Ellen Swallow, Lois Gibbs and Rachel Carson: catalysts of the American environmental movement."](#) *Women's Studies International Forum* 8, 291—298, 1985.
- Merchant, Carolyn: ["Earthcare. Women and the environmental movement."](#) *Environment* June 1981.

Hakemisto

Hakemistosta löytyvät kirjassa esitellyt naisluonnontieteilijät ja luonnontutkijat.

- Aglaonike 10
 Agnesi, Maria 43—46
 Agnodike 15—16
 Ardinghelli, Maria Angela 43
 Askplegeneia 11
 Aspasia 11
 Auerbach, Lotte 151

 Bassi, Laura 42—43,45
 Beausoleil, Mme. 128
 Bellamy, Edith 103
 Bell, Jocelyn 154, 155—159
 Biese, M. 91,92
 Bond, Selina Cranch 93
 Brahe, Sofia 75
 Brown, Rachel Fuller 150
 Burbidge, Margaret 159—162
 Burnell, Jocelyn Bell, ks. Bell

 Caldicott, Helen 180
 Cannon, Annie J. 94, 95, 96, 98—101
 Carson, Rachel 154—155, 179
 Cavendish, Margaret 35—36
 Châtelet, Emilie du 39—42
 Cheesman, Evelyn 129—130
 Chisholm, Grace 115—116
 Conway, Anne 37—38
 Cori, Gerty 150
 Coudreau, Octavie 132—134
 Cunitz, Maria 75
 Curie, Irene, ks. Joliot-Curie
 Curie, Marie 135—138,139

 Donner, Elin 126
 Dumée, Jeanne 76—77

 Emerson, Gladys 150

 Farrar, Nettie 94
 Fay, Thecla Felicitas du 43
 Fedstshenko, Olga 129
 Felice, Jacoba 18
 Finch, Anne, ks. Conway
 Fleming, Williamina 94, 96—97
 Franklin, Rosalind 149—150
 Furness, Caroline 90, 93

 Galeatti, Lucia 43
 Germain, Sophie 46—50
 Gibbs, Lois 179—180
 Goeppert, Maria, ks. Mayer
 Goodall, Jane 132,134
 Greene, Catherine 127
 Griffin, Susan 175

 Hamilton, Alice 115
 Hasselström, F. 91
 Hazen, Elizabeth 150
 Helin, Gurli 91
 Helin, Nanny 91,92
 Helin, Ringa 91
 Herrad (Landsbergin) 20
 Herschel, Caroline 75, 80—87
 Hevelius, Elisabeth 76
 Hildegard (Bingenin) 20—29
 Hodgkin, Dorothy 148—149
 Holm, Ringa, ks. Helin
 Hopper, Grace 62
 Hroswitha 19—20
 Hypatia 11—15

- Joliot-Curie, Irene 138, 140—141, 143
- Keller, Evelyn Fox 163—164, 166, 169, 177
- Kingsley, Mary 130—132
- Kinnunen, Ritva 148
- Kirch, Christine 78
- Kirch, Marie 77—78
- Klumpke, Dorothea 103
- Knight, Margaret 128
- Kovalevskaja, Sofia 62—71
- Lavoisier, Marie 50—51
- Leavitt, Henrietta 101—103
- Leeuwen, Cornelia van 121
- Lepaute, Hortense 78—80
- Lonsdale, Kathleen 148
- Lovelace, Ada 58—61
- McClintock, Barbara 151—154
- Malmgren, Signe 121
- Maria Juutalainen 9—10
- Maury, Antonia 89, 96, 97—99
- Mayer, Maria Goeppert 143—147
- Meitner, Lise 141—142, 143
- Merian, Maria Sibylla 128—129
- Mitchell, Maria 87—90
- Moore, Charlotte E. 110
- Neovius, Alma 120
- Noether, Emmy 71—74
- Noddack, Ida 141
- Oterma, Liisi 123—126
- Payne-Gaposchkin, Cecilia 7, 98, 99, 102, 103, 104—112
- Perey, Marguerite 138
- Pfeiffer, Ida 129
- Piety, Mme. du 80
- Rantaseppä-Helenius, Hilka 126
- Richards, Ellen Swallow, ks. Swallow
- Ride, Sally 133, 134
- Sablière, Marguerite de la 77, 78
- Sahlbom, N. 121
- Sederholm, O. 91, 92
- Selander, Alma, ks. Neovius
- Shelley, Mary 174
- Silk wood, Karen 179
- Sohlström, A. 91
- Somerville, Mary 49, 51—57, 58, 84
- Sponer, Hertha 118
- Stenbäck, H. 91, 92
- Stevens, Nettie 151
- Sundberg, Gurli, ks. Helin
- Swallow, Ellen 113—115, 178
- Söderhjelm, Sanny 120—121
- Tereshkova, Valentina 134
- Theano 10
- Tinsley, Beatrice 160—162
- Trotula 17—18
- Wagner, Mary 90—91
- Vasenius, Herta 121
- Whitney, Mary 89, 90, 93
- Wilson, Fiammetta 104
- Witte, Minna 80
- Workman, Fanny 134
- Wu, Chien Shieng 147—148
- Wagner, Elin 178—179
- Yalow, Rosalyn 150

Suomalainen perusteos naisten tieteellisestä työstä, mukaansatempaava naisnäkökulma ihmistä ympäröivään maailman-kaikkeuteen ja sen tutkijoihin.

Naisten nimet ovat harvoin päässeet tieteen alalla suuriin otsikoihin, vaikka heidän palveluksensa on usein merkittävää, jopa korvaamatonta. Kirjamme kertoo naisista eksaktien ja luonnontieteiden tutkijoina antiikista nykypäivään. Kirjassa esitellään mm. eturivin tiedenaisten elämäntyötä heidän arkisten vastoinikäymistensä ja tieteellisten saavutustensa valossa.



Kannen typografia Irmeli Ilmanen

50

ISBN 951-9269-36-3